

# Feldhecken und deren Einfluss auf Hochwasser und Naturschutz unter Berücksichtigung von agrarökonomischen Belangen im Naturraum Erzgebirge

Von der Fakultät für Chemie und Physik

der Technischen Universität Bergakademie Freiberg

genehmigte

**DISSERTATION**

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor rerum naturalium

Dr. rer. nat.

vorgelegt

von Dipl. Geogr. Sylvi Bianchin

geboren am 28.06.1977 in Bad Frankenhausen

Gutachter.: Prof. Dr. Hermann Heilmeyer

Prof. Dr. Jörg Matschullat

PD Dr. Volkmar Dunger

Tag der Verleihung: 09.12.2011

## **DANKSAGUNG**

Die vorliegende Arbeit entstand im Nachgang des Projektes Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis (HochNatur) gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, welches an der TU Bergakademie Freiberg bearbeitet wurde.

Mein erster Dank gilt Herrn Prof. Hermann Heilmeier, welcher mich all die Jahre mit dem mir stets entgegengebrachten Vertrauen sehr motiviert hat. Durch zahlreiche konstruktive Gespräche und inspirierende Diskussionen wurde die Arbeit bereichert.

Besonderer Dank gilt auch Herrn Dr. habil. Volkmar Dunger, der mich durch die Betreuung bei der hydrologischen Modellierung sehr unterstützt hat.

Prof. Dr. Jörg Matschullat danke ich für die Bereitschaft, sich mit meiner Arbeit auseinanderzusetzen und die kurzfristige Bereitschaft zur Begutachtung der Arbeit.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei allen Kollegen der Arbeitsgruppe Biologie / Ökologie für die Unterstützung und das in mich gesetzte Vertrauen.

Die vorliegende Arbeit konnte nur durch die besonders freundliche Unterstützung der landwirtschaftlichen Betriebe, welche an der Befragung teilgenommen haben, entstehen. Durch diese gute Zusammenarbeit konnten die Aspekte der Akzeptanz von Hecken im Erzgebirge bei den Untersuchungen berücksichtigt und somit die Belange der Akteure vor Ort mit einbezogen werden.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie, besonders meinem Mann, der jahrelang die allabendlichen Diskussionen um die hydrologische Modellierung und deren Unwägbarkeiten ertragen musste und mich stets motiviert hat nicht aufzugeben.

Danken möchte ich auch allen Omas und Opas für die stets liebevolle Kinderbetreuung, was mir ermöglicht hat, neben der Familie und meiner neuen Arbeitsstelle am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, den nötigen Freiraum für die Fertigstellung dieser Arbeit zu finden.

**INHALT**

<b>VERZEICHNISSE</b>	<b>IV</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG / SUMMARY</b>	<b>XVII</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 FORSCHUNGSGEGENSTAND</b>	<b>6</b>
2.1 Definition Feldhecken	6
2.2 Begriffsbestimmung	6
2.3 Zusammensetzung der Pflanzen- und Tierwelt	6
2.4 Charakteristische Hecken im Erzgebirge	7
<b>3 STAND DER FORSCHUNG</b>	<b>10</b>
<b>4 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES</b>	<b>14</b>
4.1 Lage	14
4.2 Auswahl des Untersuchungs-, Modellierungs- und Szenariengebietes	15
4.3 Geologie und Relief	19
4.3.1 Untersuchungsgebiet	19
4.4 Hydrologische Verhältnisse	20
4.5 Böden	23
4.5.1 Untersuchungsgebiet	23
4.5.2 Modellierungsgebiet	25
4.6 Klima	25
4.6.1 Untersuchungsgebiet	25
4.6.2 Modellierungsgebiet	28
4.7 Besiedelungsgeschichte und potentiell natürliche Vegetation des Gebietes	30
4.7.1 Besiedelungsgeschichte	30
4.7.2 Potentiell natürliche Vegetation	32
4.8 Aktuelle Landnutzung	34
4.8.1 Untersuchungsgebiet	34
4.8.2 Modellierungsgebiet	35
4.8.3 Szenariengebiet	38
<b>5 ENTWICKLUNG UND VERBREITUNG VON HECKEN IM ERZGEBIRGE</b>	<b>39</b>
5.1 Heckengeschichte und Verbreitung im Erzgebirge	39
5.2 Bestandsanalyse der Hecken im Untersuchungsgebiet und Modellierungsgebiet Reichstädter Bach	43
5.2.1 Methodik und Datengrundlage	43
5.2.2 Allgemeine Durchschnittswerte	44
5.2.3 Verteilung der Heckenlängen	46
5.2.4 Heckendichte	47
5.2.5 Höhenverteilung der Hecken	53
5.2.6 Abstand zur nächsten Hecke	56
5.2.7 Angrenzende Nutzung	58

5.2.8 Zusammenfassung	60
5.3 Heckenentwicklung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach	<b>60</b>
<b>6 ÖKOLOGIE</b>	<b>65</b>
6.1 Ökologische Grundlagen	<b>65</b>
6.1.1 Große Artenvielfalt auf kleinstem Raum	65
6.1.2 Tier- und Pflanzenarten, die an das Vorkommen von Hecken gebunden sind	68
6.1.3 Vielfältige Funktionen von Hecken	70
6.1.4 Auswirkungen von Heckenbeseitigungen	73
6.2 Bewertung von Heckenstrukturparametern	<b>78</b>
6.2.1 Heckendichte in der Landschaft	78
6.2.2 Gehölzartenzusammensetzung	81
6.2.3 Alter	85
6.2.4 Länge und Breite	88
6.2.5 Angrenzende Nutzung	90
6.2.6 Überhälter	91
6.2.7 Saum	92
6.2.8 Zusätzliche Habitatstrukturen	94
6.2.9 Pflege von Hecken	95
6.2.10 Zusammenfassung	95
<b>7 HYDROLOGISCHE MODELLIERUNG</b>	<b>98</b>
7.1 Modellauswahl	<b>98</b>
7.2 Szenarienbildung	<b>102</b>
7.3 Eingangsdaten/ Parameter	<b>104</b>
7.3.1 Geographische Daten	104
7.3.2 Meteorologische und hydrologische Daten	112
7.4 Modellanpassung	<b>113</b>
7.4.1 Grundlagen der Kalibrierung und Validierung	113
7.4.2 Anpassung des Modells im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach	115
7.5 Ergebnisse der hydrologischen Modellierung	<b>119</b>
7.5.1 Ergebnisse der Untersuchungen zur Rasterauflösung	119
7.5.2 Ergebnisse der Szenarienberechnung – verlaufsbezogen	121
7.5.3 Ergebnisse der Szenarienberechnung – ereignisbezogen	132
7.6 Diskussion der Modellierungsergebnisse	<b>138</b>
7.6.1 Witterungsabhängige Einflüsse auf mögliche Abflussveränderungen	141
7.6.2 Einflüsse von Heckenstrukturen auf mögliche Abflussveränderungen	142
7.7 Fazit	<b>143</b>
<b>8 HECKEN IN DER AGRARLANDSCHAFT</b>	<b>145</b>
8.1 Diskussion der Vor- und Nachteile von Hecken in der Agrarlandschaft	<b>145</b>
8.2 Befragung und Analyse zur Akzeptanz von Hecken im Erzgebirge	<b>150</b>
8.2.1 Methodik der Befragung	151
8.2.1.1 Auswahl der Erhebungsmethode	151
8.2.1.2 Auswahl der Befragungsmethode und Aufbau des Fragebogens	153
8.2.1.3 Befragung	155
8.3 Methodik der Auswertung	<b>156</b>



8.4	Darstellung und Auswertung des Fragebogens	<b>157</b>
8.4.1	Allgemeine Darstellung der erhobenen Daten	158
8.4.1.1	Teil 1:Allgemeine Betriebsangaben	158
8.4.1.2	Teil 2 Hecken	165
8.4.1.2.1	Aktuelle Heckenbestandssituation	165
8.4.1.2.2	Probleme	170
8.4.1.2.3	Präferenzen bei zukünftigen Heckenpflanzungen	174
8.4.1.2.4	Gehölzarten	183
8.4.1.2.5	Förderpolitik	183
8.4.2	Potenzielle Zusammenhänge zwischen erhobenen Parametern	185
8.4.2.1	Zusammenhänge zwischen Betriebsstruktur und Heckenbestandssituation	185
8.4.2.2	Zusammenhänge zwischen Heckenbestandsituation und Präferenzen bei zukünftigen Heckenpflanzungen	187
8.5	Fazit	<b>188</b>
8.6	Diskussion	<b>189</b>
<b>9</b>	<b>SYNOPSIS DER ERGEBNISSE VON HYDROLOGIE / ÖKOLOGIE / LANDNUTZUNG</b>	<b>192</b>
9.1	Grundlagen der Nutzwertanalyse	<b>193</b>
9.2	Anwendung der Nutzwertanalyse	<b>194</b>
9.2.1	Zielformulierung, Zielsystem und Gewichtung der Teilziele	194
9.2.2	Entwicklung der Alternativen	195
9.2.3	Wertanalyse und Wertsynthese	196
9.2.4	Ermittlung der Rangordnung der Alternativen	200
9.3	Interpretation der Ergebnisse	<b>200</b>
9.3.1	Lage der Hecken, Dichte und Heckensaum	200
9.3.2	Innerer Aufbau, Pflege der Hecken	202
<b>10</b>	<b>FAZIT</b>	<b>205</b>
<b>11</b>	<b>QUELLENVERZEICHNIS</b>	<b>207</b>
<b>12</b>	<b>ANHANG</b>	<b>227</b>
12.1	Kennblätter der Heckenszenarien	<b>227</b>
12.2	Bilder Wurzelschurfe	<b>231</b>
12.3	Validierungsergebnisse	<b>237</b>
12.4	Fragebogen	<b>242</b>
12.5	Getestete Beziehungen	<b>254</b>

## ABBILDUNGEN

Abbildung 1:	Effekte kleinräumig strukturierter Landschaften auf Eigenschaften des Wasserhaushalts, der Landnutzung und der Diversität .....	2
Abbildung 2:	Maßnahmen, die einen positiven Beitrag zum Hochwasserschutz und zum Natur- und Landschaftsschutz leisten können (angelehnt an RICHERT et al. 2007b) .....	4
Abbildung 3:	Lage des Untersuchungs- und Modellierungsgebietes.....	14
Abbildung 4:	Auswahl des Untersuchungsgebietes anhand von Makrogeochoren (nach HAASE & MANNSFELD 2002).....	15
Abbildung 5:	Landnutzung und Hangneigungsverhältnisse im Modellierungs- und Szenariengebiet .....	18
Abbildung 6:	Bodenabtrag und bohrbare Tiefe im Modellierungsgebiet (Ergebnisse aus MERTING (2005), blau Lage des Szenariengebietes) .....	19
Abbildung 7:	Überblick über die Relieftypen im Untersuchungsgebiet .....	20
Abbildung 8:	Karte der größten Fließgewässer und Talsperren im Untersuchungsgebiet.....	21
Abbildung 9:	Mittlerer Jahresdurchfluss am Pegel Reichstädt von 1995-2009 (Daten LfULG Sachsen) ..	22
Abbildung 10:	Minimale, maximale und mittlere monatliche Durchflüsse am Pegel Reichstädter Bach von 1995-2009 und Angabe zum betreffenden Jahr (Daten LfULG Sachsen) .....	23
Abbildung 11:	Überblick über die Bodentypen im Untersuchungsgebiet .....	24
Abbildung 12:	Überblick über Bodenarten und Bodentypen im Modellierungsgebiet .....	25
Abbildung 13:	Klimaverhältnisse im Untersuchungsgebiet .....	26
Abbildung 14:	Niederschlagsverhältnisse im Untersuchungsgebiet .....	27
Abbildung 15:	Jahresmitteltemperaturen im Untersuchungsgebiet .....	27
Abbildung 16:	Lage der zur Modellierung verwendeten Klimastationen .....	28
Abbildung 17:	Niederschlagsverhältnisse der Station Dippoldiswalde (1997-2008) (Daten LfULG Sachsen).....	29
Abbildung 18:	Temperaturen der Station Dippoldiswalde (1997-2008) (Daten LfULG Sachsen).....	30
Abbildung 19:	Überblick über die potentiell natürliche Vegetation im Untersuchungsgebiet (PNV 300) ..	32
Abbildung 20:	Potentiell natürliche Vegetation im Modellierungsgebiet (PNV 50) .....	33
Abbildung 21:	Verteilung der aktuellen Landnutzung im Untersuchungsgebiet (Datengrundlage BTLNK Sachsen 2005, LfULG Sachsen) .....	34
Abbildung 22:	Übersicht über der aktuellen Landnutzung im Untersuchungsgebiet .....	35
Abbildung 23:	Verteilung der aktuellen Landnutzung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach (Datengrundlage BTLNK Sachsen 2005, LfULG Sachsen) .....	36
Abbildung 24:	Überblick über die aktuelle Landnutzung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach und im Szenariengebiet .....	37
Abbildung 25:	Verteilung der aktuellen Landnutzung im Szenariengebiet (Datengrundlage BTLNK Sachsen 2005, LfULG Sachsen) .....	38
Abbildung 26:	Verbreitung und Dichte linienförmiger Steinrücken im Erzgebirge (aus MÜLLER 1998) ...	40
Abbildung 27:	Häufigkeitsverteilung der Heckenlängen pro Heckentyp im Untersuchungsgebiet (eigene Analyse).....	46
Abbildung 28:	Häufigkeitsverteilung der Heckenlängen pro Heckentyp im Modellierungsgebiet (eigene Analyse).....	47
Abbildung 29:	Prozentuale Verteilung der Heckendichte (m/ha) im Untersuchungsgebiet, Dichte Gesamtuntersuchungsgebiet (a) und nur bezogen auf Gebiete mit Heckenvorkommen (b) (eigene Analyse) .....	48
Abbildung 30:	Prozentuale Verteilung der Heckendichte nach Makrogeochoren (eigene Analyse).....	49
Abbildung 31:	Prozentuale Verteilung der Heckendichte (m/ha) im Modellierungsgebiet, Dichte Modellierungsgebiet (a) und nur bezogen auf Gebiete mit Heckenvorkommen (b) (eigene Analyse).....	49
Abbildung 32:	Verteilung der Anzahl an Hecken pro Hektar im Gesamtuntersuchungsgebiet und im Modellierungsgebiet für alle Raster mit Hecken (eigene Analyse) .....	50
Abbildung 33:	Heckenverbreitung im Untersuchungsgebiet nach Heckentypen.....	51

Abbildung 34:	Heckenverbreitung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach nach Heckentypen (eigene Analyse).....	52
Abbildung 35:	Verteilung der Heckentypen auf Höhenlagen im Untersuchungsgebiet (eigene Analyse) ..	54
Abbildung 36:	Verteilung der Heckentypen auf Höhenlagen im Modellierungsgebiet (eigene Analyse) ...	54
Abbildung 37:	Verteilung der Heckentypen auf relative Höhenlagenbereiche im Untersuchungsgebiet (eigene Analyse) .....	55
Abbildung 38:	Prozentuale Verteilung der Ausdehnung der Höhenunterschiede von Hecken auf die Höhenlagenintervalle (eigene Analyse) .....	56
Abbildung 39:	Verteilung der Abstände zur nächststehenden Hecke nach Heckentyp im Untersuchungsgebiet (eigene Analyse).....	57
Abbildung 40:	Verteilung der Abstände zur nächststehenden Hecke nach Heckentyp im Modellierungsgebiet (eigene Analyse) .....	57
Abbildung 41:	Verteilung von Heckentyp und der umgebenden Landnutzung im Untersuchungsgebiet (eigene Analyse) .....	59
Abbildung 42:	Verteilung von Heckentyp und der umgebenden Landnutzung im Modellierungsgebiet (eigene Analyse) .....	60
Abbildung 43:	Gesamtlänge und Anzahl an Heckenstrukturen im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach in den verschiedenen Zeitschritten (Auswertung auf der Datengrundlage des Projektes Nathist (WALZ et al. 2001) und eigene Analyse .....	62
Abbildung 44:	Zeitliche Entwicklung der Heckenverteilung im Modellierungsgebiet .....	63
Abbildung 45:	Heckenentwicklung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach anhand dreier Zeitschnitte - Messtischblatt 1910 (WALZ et al. 2001), CIR Biotoptypenkartierung 1992/93 (WALZ et al. 2001) und BTLNK 2005 (eigene Analyse).....	64
Abbildung 46:	Abhängigkeit der Brutvogeldichte und Vogelartenzahl von der Anzahl ökologischer Zellen (aus GÖRNER & WEGENER 1978).....	77
Abbildung 47:	Schematische Übersicht über die den Gebietsabfluss bestimmenden Parameter. Ihre Lage in der Darstellung symbolisiert ihre Bedeutung bezüglich Ereignisintensität und Gebietsgröße. (GERBER 2009 verändert nach NIEHOFF 2001) .....	100
Abbildung 48:	Prinzipielle Funktionsweise des Modells WaSiM-ETH, schematische Darstellung (aus KREITER 2007).....	101
Abbildung 49:	Lage der Wurzelschürfe im Untersuchungsgebiet .....	108
Abbildung 50:	Tiefe der Wurzelschürfe nach Biotoptyp und Standort und Mittelwert (eigene Untersuchung) .....	110
Abbildung 51:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2000 (Pegel Reichstädter Bach).....	116
Abbildung 52:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2001 (Pegel Reichstädter Bach).....	116
Abbildung 53:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2008 (Pegel Reichstädter Bach).....	117
Abbildung 54:	Vergleich der Abflüsse am Gebietsauslass des Szenariengebietes bei unterschiedlicher Rasterauflösung .....	119
Abbildung 55:	Vergleich des digitalen Geländemodells (DGM) bei unterschiedlichen Rasterauflösungen .....	120
Abbildung 56:	Vergleich der Landnutzungsdaten bei unterschiedlichen Rasterauflösungen .....	121
Abbildung 57:	Vergleich der durchschnittlichen Niederschlagsverteilung (1997-2008) und Niederschlagsverteilung der Jahres 2000.....	122
Abbildung 58:	Veränderung des Gesamtabflusses eines Jahres in % für alle Szenarien und Jahre normiert auf die Niederschlagssumme des betreffenden Jahres .....	124
Abbildung 59:	Mittlere Veränderung des Gesamtabflusses in % in trockenen, feuchten und durchschnittlichen (normalen) Jahren normiert auf die Niederschlagssumme des betreffenden Jahres .....	125
Abbildung 60:	Zusammenhang zwischen der berechneten Varianz der Niederschlagsverteilung und der Abflussveränderung für das Szenario 4x5 für trockene, feuchte und durchschnittliche (normale) Jahre .....	126

Abbildung 61:	Vergleich der Abflussspende der Szenarien zur Heckenbreite (4x5, 4x10, 4x15) und des Istzustandes (ohne Hecken) für das Jahr 2000.....	127
Abbildung 62:	Vergleich des Basisabflusses für die Szenarien zur Heckenbreite (4x5, 4x10, 4x15) und des Istzustandes (ohne Hecken) für das Jahr 2000.....	128
Abbildung 63:	Vergleich des Direktabflusses für die Szenarien zur Heckenbreite (4x5, 4x10, 4x15) und des Istzustandes (ohne Hecken) für das Jahr 2000 .....	129
Abbildung 64:	Vergleich des Zwischenabflusses für die Szenarien zur Heckenbreite (4x5, 4x10, 4x15) und des Istzustandes (ohne Hecken) für das Jahr 2000 .....	129
Abbildung 65:	Vergleich der Abflussspende der Szenarien zur Heckenlage (Unter-, Mittel, Oberhang) und des Istzustandes (ohne Hecken) für das Jahr 2000 .....	130
Abbildung 66:	Vergleich der Abflussspende der Szenarien zum Saum (mit Saum, ohne Saum (Mittelhang)) und des Istzustandes (ohne Hecke) für das Jahr 2000 .....	132
Abbildung 67:	Durchfluss am Gebietsauslass bei niedriger Vorfeuchte während eines Starkniederschlagsereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden für die Szenarien zur Heckenbreite (4x5, 4x10, 4x15) und den Istzustand (ohne Hecken).....	135
Abbildung 68:	Durchfluss am Gebietsauslass bei niedriger Vorfeuchte während eines Starkniederschlagsereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden für die Szenarien zur Heckenlage (Ober-, Mittel, Unterhang) und den Istzustand (ohne Hecken) .....	135
Abbildung 69:	Durchfluss am Gebietsauslass bei niedriger Vorfeuchte während eines Starkniederschlagsereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden für die Szenarien zum Heckensaum (mit Saum, ohne Saum (Mittelhang)) und den Istzustand (ohne Hecken).....	136
Abbildung 70:	Durchfluss am Gebietsauslass bei gesättigter Vorfeuchte während eines Starkniederschlagsereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden für das Szenario 4x15 und den Istzustand (ohne Hecken) .....	137
Abbildung 71:	Durchfluss am Gebietsauslass bei niedriger Vorfeuchte während eines Starkniederschlagsereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 50 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden für das Szenario 4x15 und den Istzustand (ohne Hecken) .....	138
Abbildung 72:	Mikroklimatische Wirkung einer quer zur Windrichtung verlaufenden Hecke (aus WEBER 2003).....	146
Abbildung 73:	Schneeablagerungen an einer Hecke im Weißbachgebiet/Osterzgebirge (Foto R. Achtziger 2006).....	147
Abbildung 74:	Leeseitige Wirkung einer quer zur Windrichtung verlaufenden Hecke auf die landwirtschaftliche Produktion (aus WEBER 2003) .....	147
Abbildung 75:	Übersicht über Auswahlverfahren, die hervorgehobenen Linien kennzeichnen das ausgewählte Verfahren (verändert nach SCHNELL et al. 1999).....	151
Abbildung 76:	Landwirtschaftliche Betriebe und deren landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) nach Landkreisen sowie Rechtsformen 2007 (Daten des statistischen Landesamts des Freistaates Sachsen).....	152
Abbildung 77:	Vorgehensweise bei der Auswahl der Stichprobe.....	153
Abbildung 78:	Rinderbestand der befragten Betriebe nach Anzahl (Daten eigene Erhebung).....	160
Abbildung 79:	Verteilung der befragten Betriebe nach landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) (Daten eigene Erhebung) .....	161
Abbildung 80:	Bewirtschaftete landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) und Anteil des Ackerlandes (AL) nach Höhenlage (Mittelwert) (Daten eigene Erhebung).....	161
Abbildung 81:	Bodenwertzahlen der befragten Betriebe nach Höhenlage (Mittelwert) (Daten eigene Erhebung) ( $r=-0.87^{***}$ ) .....	162
Abbildung 82:	Bewirtschaftete Höhenlage nach Einzelbetrieb (Daten eigene Erhebung) .....	163
Abbildung 83:	Verteilung der geschätzten Hangneigungen der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung) .....	164
Abbildung 84:	Anteil der konservierenden Bodenbearbeitung der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung) .....	165

Abbildung 85:	Verteilung der Hecken (Istzustand) nach Anzahl in Stück und Gesamtlänge in km der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung).....	166
Abbildung 86:	Breite und Höhe der Hecken (Istzustand) der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung) .....	167
Abbildung 87:	Verteilung der Heckentypen nach Strauch-, Baum- und Strauch-Baumhecke der befragten Betriebe in % (Daten eigene Erhebung) .....	168
Abbildung 88:	Gründe für Heckenpflanzungen seit 1990 (n=31) weitere Heckenpflanzungen in der Zukunft (n=22) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung) .....	169
Abbildung 89:	Beweggründe für die Ablehnung weiterer Heckenpflanzungen (n=20) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung) .....	170
Abbildung 90:	Aussagen der befragten Betriebe zu Problemen von bestehenden Hecken (n=40), Vorteilen und Ernteverlusten (n=42) (Daten eigene Erhebung) .....	171
Abbildung 91:	Vergleich der Probleme mit bestehenden Hecken (n=40) und der Heckenproblematik im Allgemeinen (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung) .....	172
Abbildung 92:	Angaben zur maximalen Höhe der zu erwartenden Ernteverluste im von der Hecke direkt beeinflussten Bereich (n=41) (Daten eigene Erhebung) .....	173
Abbildung 93:	Gründe für Ernteverluste (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung) .....	174
Abbildung 94:	Aussagen zum minimal vorstellbaren Abstand zwischen zwei Heckenstrukturen (Daten eigene Erhebung) .....	175
Abbildung 95:	Gründe für die Angabe von Minimalabständen zwischen zwei Heckenstrukturen (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung) .....	176
Abbildung 96:	Vergleich der Heckenbreite (Istzustand) und der maximal vorstellbaren Breite (n=42) (Daten eigene Erhebung) .....	177
Abbildung 97:	Gründe für die Angabe von maximalen Breiten von Heckenstrukturen (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung) .....	178
Abbildung 98:	Bereitschaft zur Anlage eines Saumes allgemein und am konkreten Beispiel (n=42) (Daten eigene Erhebung) .....	181
Abbildung 99:	Vergleich der Beweggründe für die Ablehnung der Anlage eines Heckensaumes im Allgemeinen und für das Beispiel (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung) .....	182
Abbildung 100:	Vergleich der Beweggründe für die Bereitschaft der Anlage eines Heckensaumes im Allgemeinen und für das Beispiel (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung) .....	183
Abbildung 101:	Verteilung der Zufriedenheit mit der Förderpolitik des Landes, des Bundes und der EU im Allgemeinen (n=42) (Daten eigene Erhebung) .....	184
Abbildung 102:	Gründe für die Unzufriedenheit mit der Förderpolitik im Allgemeinen (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung) .....	185
Abbildung 103:	Zusammenhänge zwischen allgemeinen Betriebsangaben und Heckenbestandssituation, die durchgezogenen Linien entsprechen den getesteten Zusammenhängen (Daten eigene Erhebung) .....	186
Abbildung 104:	Einflussfaktoren auf die Bereitschaft zur Anlage weiterer Hecken sowie der maximal vorstellbaren Heckenbreite (Daten eigene Erhebung) .....	188
Abbildung 105:	Entwicklung der Erzeugerpreise für ausgewählte Anbauprodukte (Milch, Brotweizen, Brotroggen) in Sachsen (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2007) ..	190
Abbildung 106:	Die grundlegenden Arbeitsschritte der Nutzwertanalyse (verändert nach PFLÜGNER (1989) und FÜRST & SCHOLLES (2008)) .....	194
Abbildung 107:	Übersicht über Zielebenen und die verwendeten Gewichtungen .....	195
Abbildung 108:	Übersicht der Teilnutzwerte der Alternativen aus Sicht des Natur- und Hochwasserschutzes und der Akzeptanz der Landwirte (angelehnt an RICHERT et al. 2007a) .....	202
Abbildung 109:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 1997 (Pegel Reichstädter Bach) .....	237
Abbildung 110:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 1998 (Pegel Reichstädter Bach) .....	237

---

Abbildung 111:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 1999 (Pegel Reichstädter Bach).....	238
Abbildung 112:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2002 (Pegel Reichstädter Bach).....	238
Abbildung 113:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2003 (Pegel Reichstädter Bach).....	239
Abbildung 114:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2004 (Pegel Reichstädter Bach).....	239
Abbildung 115:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2005 (Pegel Reichstädter Bach).....	240
Abbildung 116:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2006 (Pegel Reichstädter Bach).....	240
Abbildung 117:	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2007 (Pegel Reichstädter Bach).....	241

**TABELLEN**

Tabelle 1:	Gehölzgesellschaften der Lesesteinwälle des Erzgebirges (Müller 1998).....	9
Tabelle 2:	Naturräumliche Charakteristika des Einzugsgebietes Reichstädter Bach.....	17
Tabelle 3:	Ausgewählte Heckenverteilung im Erzgebirge auf Grundlage der Kartenaufnahme von 1908-1922 (verändert nach Richter 1960).....	40
Tabelle 4:	Nichteinheimische Gehölzarten erfasst im Gebiet um Lauenstein in seit 1960 neu gepflanzten Heckenstrukturen (Thomas 2009).....	42
Tabelle 5:	Durchschnittswerte (Mittelwert) für alle Heckentypen nach Anzahl, Heckendichte, Gesamtlänge, Heckenlänge pro Fläche und durchschnittliche Länge für die drei Makrogeochoren, das Gesamtgebiet und das Modellierungsgebiet Reichstädter Bach (eigene Analyse).....	45
Tabelle 6:	Zusammenstellung von mittleren Heckendichten in verschiedenen Regionen Deutschlands aus der Literatur.....	53
Tabelle 7:	Verteilung der angrenzenden Nutzung im Untersuchungsgebiet (UG) und im Modellierungsgebiet (MG) in Prozent.....	59
Tabelle 8:	Verwendete Kartenwerke bzw. Datensätze und deren Quellen sowie Erstellungszeitpunkte im Projekt Nathist (Walz et al. 2001) und BTLNK 2005 (eigene Analyse).....	61
Tabelle 9:	Historische Entwicklung der Gesamtlänge, Anzahl und durchschnittliche Länge der linienhaften Gehölze im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach.....	62
Tabelle 10:	Zusammenstellung von Schätzungen zur Anzahl an Tier- und Pflanzenarten in Hecken ...	66
Tabelle 11:	Teillebensräume von Hecken und ihre ökologische Bedeutung (nach Ringler et al. 1997)	67
Tabelle 12:	Artenausstattung und Gefährdung von Farn- und Samenpflanzen in Sachsen in ausgewählten Biotoptypenkomplexen (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft 2007).....	68
Tabelle 13:	Übersicht über die an Waldmänteln, -säumen und Hecken gebundenen Großschmetterlingsarten (nach Hacker 1998).....	69
Tabelle 14:	Übersicht über Hecken- und Gebüschbrüter trockener und feuchter Standorte (nach Stickroth et al. 2003) und deren Einordnung nach der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands (Südbeck et al. 2007) und Sachsens (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie 1999).....	69
Tabelle 15:	Funktionen der Hecke und Tiergruppen (aus Reif & Achtziger 2000).....	72
Tabelle 16:	Abnahme der Heckenstrukturen in ausgewählten Gebieten in Deutschland und Europa (eigene Zusammenstellung).....	73
Tabelle 17:	Einordnung der Gefährdungsursache Beseitigung von Hecken, Knicks und Steinrücken (nach Günther et al. 2005).....	74
Tabelle 18:	Übersicht über Tierarten, die durch die Gefährdungsursache „Beseitigung von Hecken, Knicks und Steinrücken“ in der Untersuchung von Günther et al. (2005) genannt wurden und deren Einordnung nach der Roten Liste Deutschlands (Binot et al. 1998), der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands (Südbeck et al. (2007) und Sachsens (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie 1999) - die dick hervorgehobenen Arten kommen im Untersuchungsgebiet vor (Datengrundlage Verbreitung der Rote Liste Arten Sachsens LfULG 2011).....	74
Tabelle 19:	Zusammenstellung von Aktionsradien von bestimmten in Heckenstrukturen vorkommenden Tiergruppen- oder -arten.....	80
Tabelle 20:	Anzahl der Vogelarten, die bei Untersuchungen von Turcek 1961 (in Schmidt 1998) an bestimmten Sträuchern und Gehölzen (in Mitteleuropa) beim Fraß vor allem von Beeren, Früchten und Knospen beobachtet wurden und Anzahl an Großschmetterlingsarten, die in den Untersuchungen von Hacker (1998) in Bayern in bestimmten Baum- und Straucharten leben.....	82
Tabelle 21:	Bedeutung bestimmter Straucharten und der daran mehr oder weniger gebundenen im Untersuchungsgebiet vorkommende Vogelarten (nach Steffens et al. 1998), Angaben in Klammer Einordnung nach Rote Liste Vögel Sachsen (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie 1999) (nach Röser 1989).....	82

Tabelle 22:	Im Untersuchungsgebiet vorkommende Gehölzarten (Ergebnisse eigener Freilanduntersuchungen, Seifert & Zierold 2000, Kapischke 2008) .....	85
Tabelle 23:	Nestdichte in Abhängigkeit von der Heckenlänge (angelehnt an Heusinger 1984) .....	89
Tabelle 24:	Tabelle :Bedeutung von zusätzlichen Habitatstrukturen (nach Schreiner 1984) .....	94
Tabelle 25:	Übersicht über die erstellten hydrologischen Szenarien mit Abkürzungsbezeichnungen..	103
Tabelle 26:	Zur Modellierung verwendete geographische Daten .....	105
Tabelle 27:	Übersicht über die Ableitung der im Bodenmodul von WaSiM-ETH benötigten Parameter (angelehnt an Gerber 2009) .....	106
Tabelle 28:	Übersicht über Literaturangaben zum Strickler-Beiwert (aus Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 2002) .....	107
Tabelle 29:	Standorte und Biotoptyp der aufgenommenen Parameter .....	108
Tabelle 30:	Im Gelände aufgenommene Parameter mit Minimal-, Maximal- und Mittelwert der einzelnen Standorte .....	109
Tabelle 31:	Auflistung der für die Modellierung verwendeten Landnutzungsparameter .....	111
Tabelle 32:	Zur Modellierung verwendete meteorologische und hydrologische Daten .....	112
Tabelle 33:	Die berechneten statistischen Gütemaße für die Modellanpassung 1997 – 2008 am Zeitpunkt $\pm 0$ (Auflösung Tageswerte, 25 m x 25 m Raster) .....	117
Tabelle 34:	Einordnung der berechneten Modellgüten nach Kreiter (2004 )und Andersen et al. (2001) .....	118
Tabelle 35:	Veränderung des Gesamtabflusses, normiert auf die gefallene Niederschlagssumme der einzelnen Heckenszenarien für alle modellierten Jahre in % bezogen auf den Istzustand (ohne Hecken) .....	123
Tabelle 36:	Übersicht über die Veränderung des Basis-, Direkt- und Zwischenabflusses sowie der Evapotranspiration für alle Szenarien gegenüber dem Istzustand (ohne Hecken) für 2000 .....	128
Tabelle 37:	Veränderung des Abflusses über den Gesamtzeitraum für ein Starkniederschlagsereignis mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden der einzelnen Heckenszenarien unter trockenen und feuchten Vorfeuchtebedingungen bezogen auf den Istzustand (ohne Hecken) .....	134
Tabelle 38:	Häufig vorgetragene Vor- und Nachteile von Hecken aus landwirtschaftlicher Sicht (nach Weber, 2003) .....	145
Tabelle 39:	Auswirkungen der Pflanzung einer Hecke im Zusammenhang mit dem veränderten Klima der bodennahen Luftschicht im Luv und Lee (eigene Zusammenstellung) .....	148
Tabelle 40:	Ertragsveränderungen im Leebereich der Hecken nach Fruchtart (eigene Zusammenstellung) .....	149
Tabelle 41:	Gliederung des Fragebogens .....	155
Tabelle 42:	Übersicht über die verwendeten Testverfahren (angelehnt an Bühl & Zöfel 2000) .....	157
Tabelle 43:	Übersicht über die verwendeten Signifikanzniveaus .....	157
Tabelle 44:	Flächenangaben auf Kreisebene (Kreisstatistik Sachsen 20071) und Angaben der eigenen Erhebung2 .....	158
Tabelle 45:	Rechtsform der befragten Unternehmen und Vergleich mit der Kreisstatistik 2007 (Daten des Statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen) .....	159
Tabelle 46:	Position des Interviewpartners innerhalb des Unternehmens (Daten eigene Erhebung) ...	159
Tabelle 47:	Festgelegte Hangneigungsklassen der Befragung und durchschnittlicher Anteil der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung) .....	164
Tabelle 48:	Altersverteilung der Hecken (Istzustand) der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung) .....	168
Tabelle 49:	Angaben zur Heckendichte / -verteilung und bevorzugte Flächennutzung für Heckenpflanzungen (n=42) (Daten eigene Erhebung) .....	178
Tabelle 50:	Beweggründe für die bevorzugte Flächennutzung bei der Anlage einer Hecke (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung) .....	179
Tabelle 51:	Angaben zur bevorzugten Position, Hangneigung und Lage der Hecke am Hang (n=42) (Daten eigene Erhebung) .....	179



---

Tabelle 52:	Darstellung der Bewertung der einzelnen Teilziele hinsichtlich ihrer Zielerfüllung .....	196
Tabelle 53:	Transformation der Bewertung der Zielerfüllung in Zielerreichungsgrade für das Teilziel „Natur- und Landschaftsschutz“ .....	198
Tabelle 54:	Transformation der Bewertung der Zielerfüllung in Zielerreichungsgrade für das Teilziel „Hydrologie“ .....	199
Tabelle 55:	Transformation der Bewertung der Zielerfüllung in Zielerreichungsgrade für das Teilziel „Akzeptanz der Landwirte“ .....	199
Tabelle 56:	Berechnung der Gesamtnutzenwerte aus den Teilnutzwerten mit beiden Gewichtungen, grau abgestuft sind die Varianten, die mit den jeweiligen Gewichtungen die höchsten Nutzwerte erzielen und daher als geeignet eingestuft werden. ....	200
Tabelle 57:	Bewertung von Parametern aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes und der Akzeptanz der Landnutzer .....	204

## Abkürzungen im Text

AG .....	Aktiengesellschaft
BNatSchG .....	Bundesnaturschutzgesetz
BTLNK.....	Biotop- und Landnutzungstypenkartierung Sachsens (2005)
CIR .....	Color-Infrarot-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung
DBU.....	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
GmbH .....	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
DGM.....	Digitales Geländemodell
DLV .....	Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V.
e.G. ....	eingetragene Genossenschaft
ELER .....	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raumes
F&E .....	Forschungs- und Entwicklungsstudie
GIS.....	Geoinformationssystem
HochNatur .....	Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis
HoNaMu .....	Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte - am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde
IDW .....	Inverse distance weighting
KG .....	Kommanditgesellschaft
KOSTRA .....	KOordinierte STarkniederschlags – Regionalisierungs – Auswertungen
LAV .....	Landesvermessungsamt Sachsen
LfUG.....	Landesamt für Umwelt und Geologie
LfULG .....	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LN.....	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LPG.....	Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft
LTV .....	Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen
m üNN .....	Höhe über Normalnull [m]
MG.....	Modellierungsgebiet
Nathist.....	Ableitung naturschutzfachlich relevanter Flächeninformationen aus historischen Kartenwerken
PNV .....	potentiell natürlichen Vegetation
TANALYS .....	Teilprogramm von WaSiM-ETH zur topographischen Analyse
UG .....	Untersuchungsgebiet
WaSiM-ETH	Wasserhaushaltssimulationsmodell, entwickelt an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

## **Zusammenfassung**

Die Anlage von Feldhecken erfordert nur einen geringen Anteil an Flächennutzungsänderung, leistet aber einen großen Beitrag zur Verbesserung des Wasserregimes und des Natur- und Landschaftsschutzes, bei gleichzeitig geringem Ertragsverlust etwa im Vergleich zu einer großflächigen Umwandlung von Acker- in Grünland.

Ziel der Untersuchungen war die Beurteilung der räumlichen Verteilung und Struktur von Feldhecken hinsichtlich ihrer Wirkung für Hochwasser- und Naturschutz, sowie die Analyse von agrarökonomischen Faktoren, welche die Anlage von Hecken fördern beziehungsweise behindern. Aus der Beurteilung dieser Frage heraus wurde die Grundlage zur Entwicklung von wissensbasierten Handlungsempfehlungen zur Förderung linearer Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft speziell für Mittelgebirgsregionen wie das Erzgebirge geschaffen.

Folgende Fragen standen bei den Untersuchungen im Mittelpunkt: Wie muss eine Hecke sowohl aus naturschutzfachlicher als auch hydrologischer Sicht aufgebaut sein, um eine optimale Wirkung zu erzielen, und wie müssen die Rahmenbedingungen für Landwirte aussehen, damit Heckenstrukturen nicht nur erhalten, sondern auch neu angelegt werden können?

Um diese komplexen Fragen zu beantworten, wurden verschiedene methodische Ansätze zur Analyse ökologischer, hydrologischer und entscheidungsbildender Prozesse gewählt.

Im Rahmen der Untersuchung zu den ökologischen Einflussparametern wurde die Situation im Untersuchungsgebiet (östliches Erzgebirgsvorland, Osterzgebirge und Mittleres Erzgebirge) hinsichtlich der historischen Entwicklung und des Istzustandes von Hecken mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems analysiert. Anhand einer Literaturrecherche wurden die wesentlichen Heckenstrukturparameter ermittelt, die einen Einfluss auf die Habitatwahl von Tieren haben. Es konnte festgestellt werden, dass insbesondere die Gehölzarten- und Alterszusammensetzung, die Dichte des Heckennetzes und die Heckenpflege von entscheidender Bedeutung für die naturschutzfachliche Wertigkeit von Heckenstrukturen ist.

Am Beispiel eines Teileinzugsgebietes des Reichstädter Baches (Szenariengebiet) wurde der Einfluss verschiedener Heckenparameter (Breite, Dichte, Lage, Saum) mit Hilfe von Szenarien mit dem Niederschlagsabflussmodell WaSiM ETH modelliert und analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass mit steigender Heckenfläche die Einflüsse auf das Abflussgeschehen

unabhängig von der Heckendichte oder Heckenlage zunehmen. Zusätzlich zeigte sich, dass witterungsabhängige Einflüsse die heckenbezogenen Einflussparameter überprägen und der Einfluss von Heckenstrukturen auf das Abflussgeschehen sinkt, je mehr Niederschlag in der Jahressumme fällt und umso ungleichmäßiger dieser Niederschlag verteilt ist.

Für die Untersuchungen zur Akzeptanz verschiedener Heckenstrukturen wurde eine Befragung von Landwirten mit einem eigens dafür entwickelten Fragebogen durchgeführt. Dabei wurde deutlich, dass es keine allgemeine und grundsätzliche Ablehnung von Hecken im Untersuchungsgebiet gibt und die Akzeptanz vielmehr auf die Erfahrungen und spezifischen Begleitumstände jedes einzelnen Betriebes zurückzuführen ist. Unter den vorgeschlagenen Szenarien für zukünftige Heckenpflanzungen zeigten sich deutliche Präferenzen für eine Hecke ohne Saum am Mittelhang.

Aus den Untersuchungen zur Wirkung von Hecken aus ökologischer und hydrologischer Sicht unter Berücksichtigung agrarökonomischer Belange wurden verschiedene Parameter und deren jeweiliger Einfluss untersucht. Dabei wurde deutlich, dass es Parameter gibt, die aus der einen Blickrichtung als sehr wichtig eingeschätzt wurden, aus anderer Sicht aber als eher unbedeutend. Zusätzlich wurden die Ergebnisse durch die verschiedenen angewendeten Methoden auf unterschiedlichem Skalenniveau erzielt. Um die Ergebnisse verschiedener Skalenarten (ordinal / kardinal) zu vergleichen und dabei aus verschiedenen Optionen eine für alle Ziele optimale Vorzugsvariante zu ermitteln, wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass mit steigendem Nutzwert aus Sicht des Natur- und Hochwasserschutzes die Akzeptanz der Landwirte sinkt.

## Summary

The establishment of hedgerows requires only a small change in land use, but contributes substantially to the improvement of water regime and nature conservation issues versus only minor crop loss in comparison to extensive land use changes such as converting arable fields to grassland.

There were two main purposes of the study; the evaluation of the spatial distribution and structural patterns of hedgerows in regard to their impact on flood prevention and nature conservation, and the investigation of factors facilitating or constraining the establishment of hedgerows. On the basis of this assessment, knowledge based recommendations were developed for the facilitation of hedgerows in agricultural landscapes in mountainous areas such as the Erzgebirge.

The following questions were the main focus of the investigation: how should a hedgerow be composed to obtain the optimal effect from the nature conservation as well as the flood prevention point of view, and how should the general requirements for farmers be constructed so that hedgerows are not only maintained but also newly established.

To answer these complex questions different methodologies were applied for analysing ecological, hydrological and decision-forming processes.

Within the investigation of the ecological parameters, the situation of the investigation area, Erzgebirge, was analysed concerning the historical development of hedgerows and their current status using a geographical information system. An extensive literature review identified parameters which have a substantial influence on the habitat selection of selected animals. The composition of the woody plant species, the age mixture as well as the density of the hedgerow network and the maintenance are the foremost parameters for the ecological significance of the hedgerow network.

Using the example of a small sub-catchment area of the Reichstaedter Bach (scenario area), the influence of different parameters (width, density, location, occurrence of verge structures) were simulated and analysed using the runoff-precipitation model WaSiM ETH. The results show that the enlargement of the hedgerow area leads to an increase of the effect on discharge behaviour irrespective of the density or the location of the hedgerow network. Additionally, climatic conditions override any variation in hedgerow parameters. The influence of the

parameters decreases with increasing annual precipitation and increasing variation of the precipitation.

For the investigation of the acceptability of different hedgerows, interviews of land users were carried out with a specially developed questionnaire. The results reveal that the land users do not in principle object to hedgerows and that their acceptance is based on personal experience and the specific conditions of the relevant agricultural companies. For future hedgerows, the farmers prefer a single hedgerow located in the middle of the slope without verges.

The analysis of hedgerows and their influence in relation to nature conservation and flood prevention with consideration of agricultural interests reveals that some parameters are only important from one point of view. Additionally, as the results were achieved through a variety of methods, the scales differ. Therefore, in order to compare the results and hedgerow alternatives to determine the optimal choice, a value-benefit analysis was performed. The results of this analysis reveal that as the value placed on nature conservation and flood protection increases, the acceptability to the landusers decreases.

# 1 Einleitung

In den letzten Jahren, insbesondere nach dem gehäuften Auftreten von schweren Hochwassern (2002, 2006) und besonderen Trockenjahren (2003), besteht vermehrt die Nachfrage, die Möglichkeiten der ländlichen Entwicklung zur gezielten Beeinflussung des Gebietswasserhaushaltes, insbesondere in kleinen Einzugsgebieten (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006), zu nutzen. Gerade die Häufung von Extremereignissen und deren möglicher Bezug zum Klimawandel (RAHMSTORF & SCHELLNHUBER 2006, SCHÖNWIESE 2008, SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT 2010a) verstärkte das Bedürfnis, die Möglichkeiten des dezentralen Hochwasserschutzes zu optimieren. Wie im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projektes HochNatur („Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“) gezeigt (RICHERT et al. 2007a), können ausgewählte Landnutzungsänderungen einen nicht unerheblichen Beitrag zu einem erhöhten Wasserrückhalt in der Fläche bei Starkniederschlägen beziehungsweise zu einem erhöhten Wasserdargebot in Trockenzeiten leisten (vgl. RYZKOWSKY & KEDZIORA 1993 und 2007). Durch eine kleinparzellierte, vielfältige Landnutzung kann der Abfluss gegenüber homogenen, großflächigen Landnutzungen wesentlich vermindert werden und dadurch besonders in kleinen Einzugsgebieten die Hochwassersituation entspannen (AUERSWALD 2002). Zusätzlich wird die Verweildauer des Niederschlagswassers im Einzugsgebiet verlängert.

Eine vielfältige, kleinräumig strukturierte Landschaft führt zu mehreren positiven Effekten nicht nur bezüglich des Hochwasser- und Naturschutzes, sondern auch für den Tourismus (Abbildung 1).

Eine reichhaltige, gut strukturierte Landschaft wird in für das menschliche Auge erfassbare räumliche Teileinheiten gegliedert und wird dadurch von dem Betrachter als angenehm empfunden. Dementsprechend wirkt eine kleinräumig strukturierte Landschaft ästhetisch interessanter als ausgeräumte Fluren und ist so durch einen hohen Erlebniswert touristisch attraktiver (SCHELHORN 1982, SPAHL 1990, AUGENSTEIN 2002). Der Besucher findet ein günstiges Kleinklima mit sowohl warmen als auch kühleren, schattigen Plätzen und er kann sehr viel mehr Tiere (vor allem Vögel und Insekten) beobachten als in einer ausgeräumten Landschaft mit intensiv bewirtschafteten Flächen (SPAHL 1990). Viele Heckenlandschaften fallen mit Vorranggebieten des Tourismus zusammen (REIF & ACHTZIGER 2000).

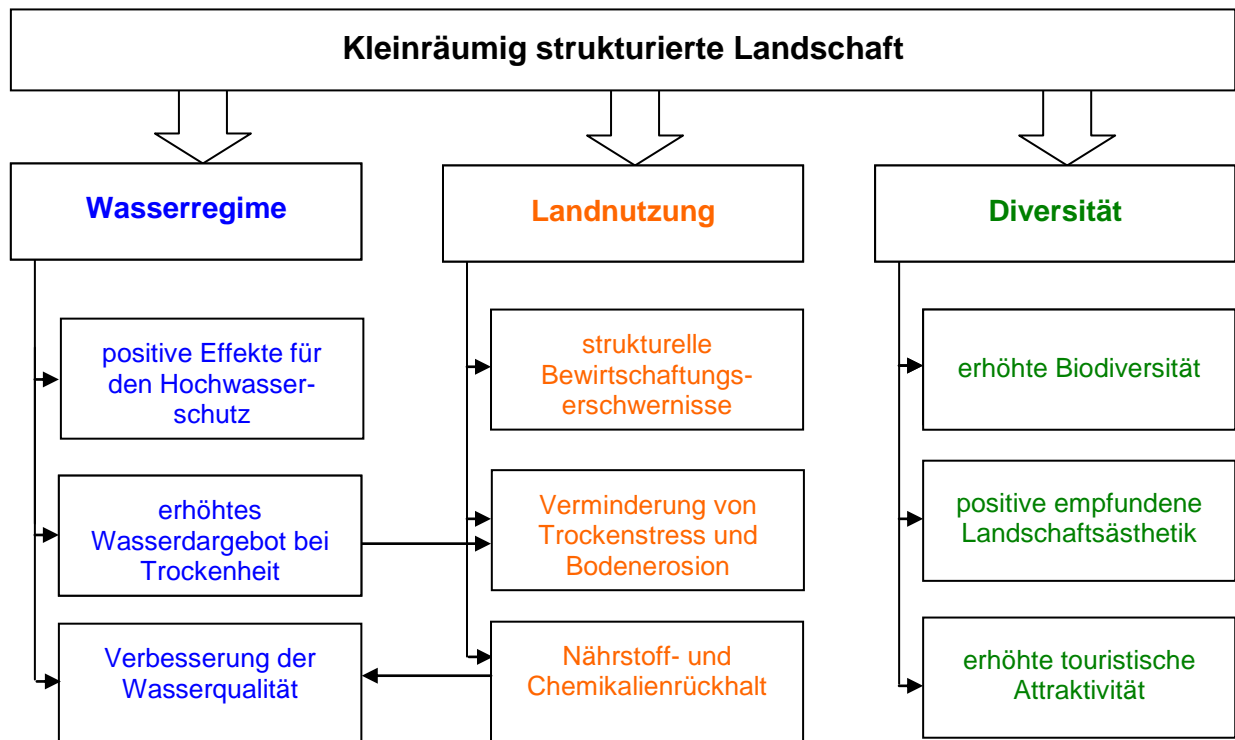


Abbildung 1: Effekte kleinräumig strukturierter Landschaften auf Eigenschaften des Wasserhaushalts, der Landnutzung und der Diversität

Eine kleinräumige Biotopstruktur fördert eine vielgestaltige Tier- und Pflanzenwelt durch einen steten Wechsel und die Vernetzung unterschiedlicher Biotoptypen verschiedener Standort- und Bewirtschaftungsverhältnisse. Einer der wichtigsten Bestandteile einer reichgestaltigen kleinräumigen Landschaft sind die einzelnen Landschaftselemente wie Einzelbäume, Baumgruppen, Hecken und Feldgehölze. Oft stellen Hecken die einzigen halbnatürlichen Elemente in der heutigen Agrarlandschaft dar (ORESZZYIN & LANE 2000) und tragen dabei maßgeblich zum Biotopverbund bei. Die 2007 vom Bundeskabinett beschlossene Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) 2007) strebt bis 2010 einen Anteil an naturnahen Landschaftselementen (z. B. Hecken, Raine, Feldgehölze, Kleingewässer) in agrarisch genutzten Gebieten von mindestens 5 % an. Zusätzlich sollen konkrete naturraumbezogene Mindestdichten von Vernetzungselementen (z. B. Saumstrukturen, Hecken, Feldraine, Trockenmauern, Trittsteinbiotope) definiert und dann gegebenenfalls ausgebaut werden. Die Strategie weist auf die Wichtigkeit der Erhaltung und Wiederherstellung gefährdeter halbnatürlicher Lebensräume (z. B. Grünländer, Heiden,



Hecken, Streuobstwiesen, Steillagenweinbau mit Trockenmauern) durch adäquate Bewirtschaftung unter anderem mittels staatlicher Anreizinstrumente hin.

Im Rahmen von Erprobungs- und Entwicklungsprojekten des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Forschungsverbundes „Hochwasser- und Landschaftsschutz“ (Projekte: „Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis“ (HochNatur), „Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte - am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde“ (HoNaMu), „Hochwasserschutz- und naturschutzgerechte Behandlung umweltgeschädigter Wälder und Offenlandbereiche der Durchbruchstäler des Osterzgebirges“) wurden Maßnahmen zur Optimierung einer nachhaltigen Landnutzung aus Sicht des Hochwasserschutzes und des Natur- und Landschaftsschutzes erarbeitet. Ein Maßnahmenkomplex befasste sich dabei mit der gezielten Anreicherung der Landschaft mit bestimmten Landschaftselementen (Abbildung 2).

In der Kategorie „kleinräumige lineare Nutzungsänderungen“ spielt die Anlage von Hecken als Maßnahme zum Hochwasser- und Natur- und Landschaftsschutz in Agrarlandschaften eine wesentliche Rolle. Feldhecken bieten einerseits auf engstem Raum die größte Vielfalt an Kleinstandorten, die in der mitteleuropäischen Kulturlandschaft denkbar ist (KAULE 1991) und ermöglichen auf denkbar platzsparende Art das Ineinandergreifen von „Natur“ und intensiver Landnutzung (RINGLER et. al 1997). Eine wichtige Bedeutung haben Hecken für die Schaffung von ökologischen Netzwerken im Rahmen von Wanderungskorridoren für Tiere und Pflanzen (z. B. FORMAN & BAUDRY 1984, SAUNDERS & HOBBS 1991, JONGMAN 1995, RINGLER et al. 1997, BENNETT 1999, JOYCE et al. 1999, HINSLEY & BELLAMY 2000, HOLLAND & FAHRIG 2000).

Andererseits gehören sie zu den wichtigsten abflusshemmenden Vegetationsstrukturen: Durch ihre Wirkung als Strömungswiderstand wird die Fließgeschwindigkeit des Oberflächenabflusses herabgesetzt, Abflussbahnen können unterbrochen oder abgelenkt werden, die Schattwirkung verzögert die Schneeschmelze und der Verbleib eines Teiles des Niederschlages auf der Oberfläche der Vegetationsstrukturen führt zu einer Reduktion der Abflussmenge (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006). Innerhalb von Heckenbereichen besteht eine größere Infiltration des Wassers in den meist lockeren Boden (SPAHL 1990), was zur Überführung des schnellen Oberflächenabflusses in einen verzögerten Zwischenabfluss (interflow) führt. Durch die Verzögerung des Oberflächenabflusses kommt es zusätzlich zu einer Verminderung des Bodenabtrages beziehungsweise des

Sedimenttransportes, was zu einer Entlastung der Gewässer von Sedimenten und Nährstoffen führt und damit einen wesentlichen Beitrag zum Bodenschutz leistet (BAUDRY et al. 2000, RICH et al. 2000, AUERSWALD 2002, WILCZEK et al. 2005, EDELMANN 2010).

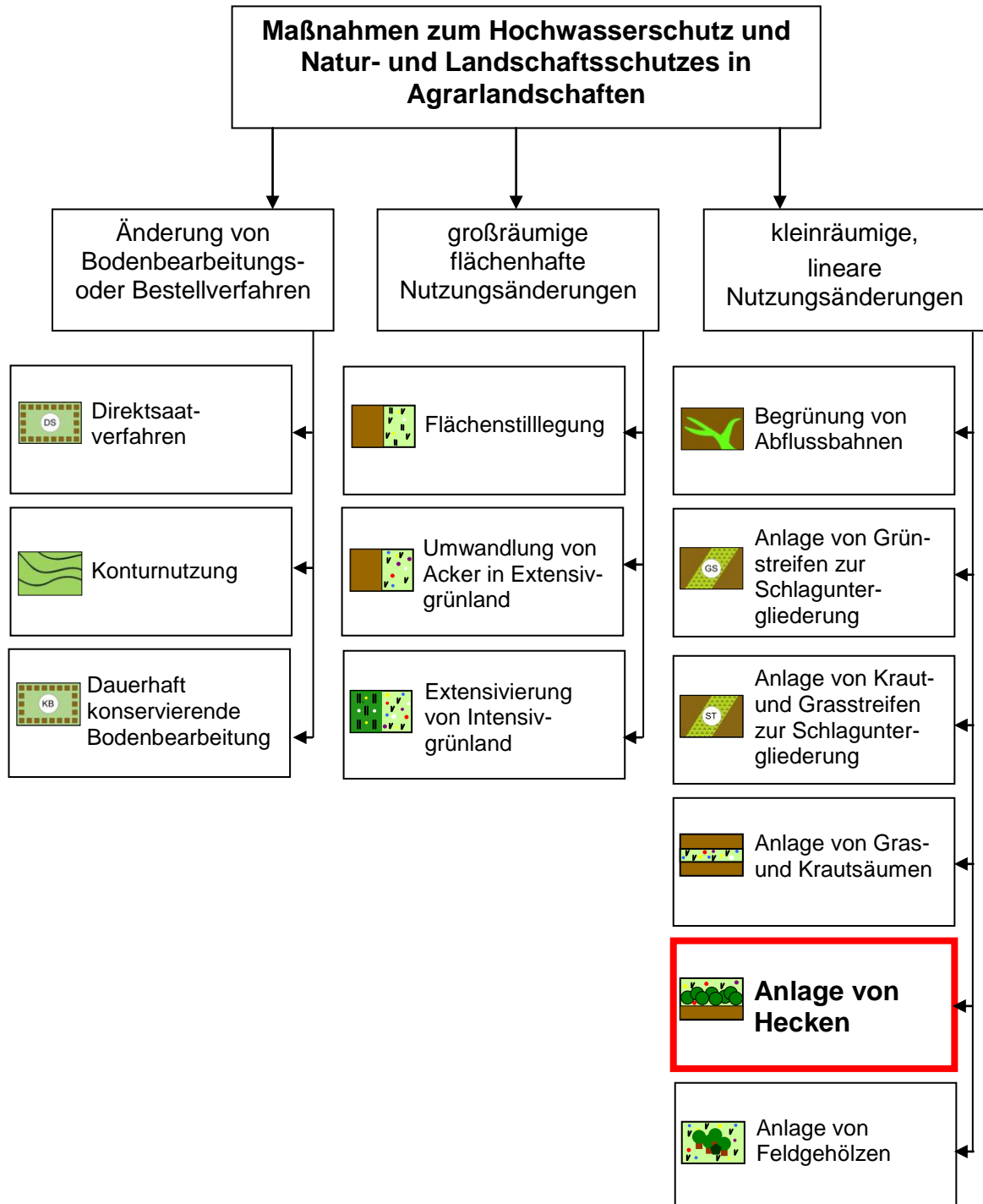


Abbildung 2: Maßnahmen, die einen positiven Beitrag zum Hochwasserschutz und zum Natur- und Landschaftsschutz leisten können (angelehnt an RICHERT et al. 2007b)

Somit erfordert die Anlage von Feldhecken nur einen geringen Anteil an Flächennutzungsänderung, leistet aber einen großen Beitrag zur Verbesserung des Wasserregimes und im Naturschutz, bei gleichzeitig geringem Ertragsverlust etwa im Vergleich zu einer großflächigen Umwandlung von Acker- in Grünland. Die Diskussion zur Anlage von Feldhecken wird teilweise von Vorurteilen und interessensspezifischen Pauschalisierungen bestimmt. Im Sinne einer Anreicherung der Landschaft durch Feldhecken zur Erzielung der beschriebenen positiven Effekte ist es daher wichtig, lokale Akteure und Landnutzer (Landwirte) durch eine intensive Diskussion sowie die Auswertung ihrer Erfahrungen und Probleme in die Untersuchungen zur Wirkungen von Feldhecken in Bezug auf Hochwasser- und Naturschutz mit einzubeziehen. Als die umsetzenden Akteure vor Ort bilden sie die Schlüsselstellen für den Erfolg des Erkenntnistransfers von der Theorie in die Praxis.

Daher ist die Berücksichtigung agrarökonomischer Belange im Rahmen dieser Arbeit, die sich mit dem Einfluss von linearen Kleinstrukturen (Feldhecken) auf den Natur- und Hochwasserschutz beschäftigt, ein wichtiger Bestandteil.

Dabei steht folgende Frage im Mittelpunkt: Wie muss eine Hecke sowohl aus naturschutzfachlicher als auch hydrologischer Sicht aufgebaut und lokalisiert sein, um eine optimale Wirkung zu erzielen und für welchen Heckenaufbau ist die Akzeptanz der Landwirte am höchsten, damit Heckenstrukturen nicht nur erhalten, sondern auch neu angelegt werden können? Aus der Beurteilung dieser Frage heraus soll die Grundlage zur Entwicklung von wissensbasierten Handlungsempfehlungen zur Förderung linearer Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft speziell für Mittelgebirgsregionen wie das Erzgebirge geschaffen werden.

## **2 Forschungsgegenstand**

### **2.1 Definition Feldhecken**

Als Feldhecke wird in dieser Arbeit ein nutzungsbedingter linearer, schmaler und strukturreicher Gehölzbestand in der freien Landschaft definiert, der aus Sträuchern und/oder Bäumen (mit überwiegend autochthonen Arten) besteht, sich meist an den Grenzen landwirtschaftlicher Nutzflächen, an Wegböschungen oder Gräben ausgebildet hat und bei herkömmlicher Nutzung zum Teil regelmäßig auf Stock gesetzt wird (BUDER & UHLEMANN 2004). In der Regel sind Feldhecken je nach Region 2 bis 15 m breit (RINGLER et al. 1997).

### **2.2 Begriffsbestimmung**

Das Wort Hecke wie „Hag“ leitet sich vom germanischen „hagon“ ab. Die Wortwurzel „hagh“ bedeutet „einfassen“, davon abgeleitet sind „Hege“ und „Einhegung“ im Sinne des Schützens einer Kultur- oder Weidefläche. Der ursprünglichen funktionalen Wortbedeutung nach waren Hecken angelegte oder gepflanzte Lineargehölze, die unerwünschtes Wild oder Fremdvieh von den eigenen Nutzflächen abhalten oder eigenes Vieh am Ausbrechen hindern sollten (RINGLER et al. 1997).

Im Gebiet des Erzgebirges kam es zur Ausbildung einer lokalen Sonderform der Hecke, der so genannten „Steinrücke“ auf den meist linienförmig angeordneten Lesesteinwällen zwischen den Feldern (vgl. Kapitel 5 „Entwicklung und Verbreitung von Hecken im Erzgebirge“).

### **2.3 Zusammensetzung der Pflanzen- und Tierwelt**

Abgesehen von Sonderstandorten sind die meisten mitteleuropäischen Hecken anthropogene Pflanzengesellschaften (WEBER 2003), deren Fauna und Flora nicht einheitlichen Ursprungs ist, sondern aus Elementen dichter und lichter Wälder, der Waldrandzonen und offener Biotope bestehen. Die Gehölzarten sind fast ausschließlich Lichtholzarten, die im Schatten natürlicher Hochwälder nicht existieren können. Hecken zeigen strukturell und geobotanisch Übereinstimmungen mit Waldrandbiotopen (TISCHLER 1950, ELLENBERG 1996). Die natürlichen Standorte der Heckenarten sind vor allem im Unterwuchs der Wälder zu suchen, an denen das Kronendach aus verschiedenen Gründen weniger dicht ist (REIF & AULIG 1990). Da sie niedrig und an ihren Außenrändern bis zur Erde hinab beblättert sind, lassen sie nur wenig Licht auf den Boden dringen. Infolgedessen geht Baumjungwuchs in ihrem Schatten

oft zugrunde und typische Waldkräuter gedeihen innerhalb von Strauchhecken schlechter als in vielen Hochwäldern. Es handelt sich somit um fast reine Holzpflanzen-Gesellschaften. Wegen ihrer geringen Höhe und wegen des Lichtbedarfs der meisten Partner sind sie kaum geschichtet, sondern mehr mosaikartig zusammengesetzt (RINGLER et al. 1997).

Hecken unterliegen einem ständig wechselnden Einfluss aus dem Umfeld. Pflegemaßnahmen oder Nutzung hindern Hecken daran, in einen stabilen Endzustand überzugehen, so dass sie ein mittleres Sukzessionsstadium darstellen. Die Entwicklung der meisten Hecken verlief bei der früher üblichen Bewirtschaftung ausgesprochen rhythmisch, indem sie alle 5-15 Jahre abgeschlagen („auf Stock gesetzt“), also wie Niederwälder genutzt wurden. Doch regenerieren sich nahezu alle Partner sehr rasch durch Stockausschläge, sodass die Lichtphase nur 1-2 Jahre andauert. In dieser Zeit findet man Jungpflanzen von Arten der jeweils benachbarten Gesellschaften, in geringer Zahl auch Kahlschlagbesiedler (ELLENBERG 1996).

Hecken als Saumbiotope mit hoher kleinklimatischer Diversität und hoher Vielfalt an Nahrungsquellen, Fortpflanzungsstätten und Deckungsmöglichkeiten sind besonders tierartenreich. Vor allem stenotope (diese Arten können nur wenige, klar definierbare Biotope bewohnen) Waldrandbewohner finden in Hecken einen adäquaten Lebensraum, wenn strukturreiche Waldränder fehlen oder durch landwirtschaftliche Intensivierungsmaßnahmen zerstört worden sind (RINGLER et al. 1997). Hecken stellen ein sogenanntes Saumbiotop (Ökoton) dar, dessen unterschiedliche und dynamische Lebensbedingungen Arten mit unterschiedlichen Habitatansprüchen ermöglichen, auf engem Raum nebeneinander vorzukommen.

Die Heckenfauna stellt eine bunte Mischung von Arten mit ganz unterschiedlichen Herkunftsbiotopen dar. Aufgrund des evolutionsbiologisch sehr jungen Alters des Biotoptyps „Hecke“ gibt es keine „autochthone Hecken- oder Saumfauna“, also solche Arten, die in Hecken entstanden sind oder nur dort vorkommen (ZWÖLFER & STECHMANN 1989). Bei den Laufkäfern zum Beispiel stellen die Waldbewohner 49 bis 94 % aller Arten, dazu kommen eurytope Arten des Offenlandes und Ubiquisten (BLAB 1993). Bei Wanzen und Zikaden dagegen sind nur geringe Anteile (5 %) Arten des Waldunterwuchses (ACHTZIGER 1991).

## **2.4 Charakteristische Hecken im Erzgebirge**

Hecken wurden einerseits gepflanzt oder bestockt, wie zum Beispiel Grenzhecken oder Windschutzhecken, oder sie entstanden spontan auf Rainen, Geländestufen oder Lesesteinriegeln. Derartige Sukzessionshecken auf Lesesteinriegeln und Stufenrainen

entstanden vor allem in Süd- und Mitteldeutschland und sind auch charakteristisch für das Erzgebirge (MARSCHALL & BRUNS 2002). Sie werden als Steinrückenhecken oder Lesesteinhecken bezeichnet und kommen im gesamten Erzgebirge vor, in den mittleren und oberen Lagen stellen sie sogar den Großteil der bestehenden Heckenstrukturen (siehe Kapitel 5 „Entwicklung und Verbreitung von Hecken im Erzgebirge“).

Ähnlich wie in anderen mitteleuropäischen Heckenlandschaften wurden die Steinrücken des Erzgebirges früher regelmäßig auf den Stock gesetzt, das heißt, wenig über der Erdoberfläche abgeschlagen, wodurch Sträucher, die sich durch Stockausschlag und Wurzelsprossung regenerieren, sowie ausschlagfähige Baumarten begünstigt, kernwüchsige Bäume, wie zum Beispiel die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und die Fichte (*Picea abies*), benachteiligt wurden. Heckenförmige Gehölzgesellschaften sind daher für die Steinrücken charakteristisch (MÜLLER 1998).

Die Pflanzenartengarnitur der Steinrücken ist aufgrund ihrer linienförmigen Struktur und des starken Einflusses von Randfaktoren sehr vielfältig und bunt zusammengesetzt. Hecke und Saum weisen Wald-, Ruderal-, Segetal- und Wiesenarten auf. Die Formationen sind wesentlich artenreicher als vergleichbare Waldgesellschaften beziehungsweise Vorwaldgebüsche auf Waldstandorten (MÜLLER 1998). Die Steinrückenhecken des Erzgebirges sind größtenteils lückig und bestehen aus ungleichaltrigem und ungleichartigem Gebüsch. Der Mindestabstand der Hecken untereinander ist durch die im Erzgebirge vorherrschende Flureinteilung in lange und 80 bis 150 m breite Hufen gegeben (MÜLLER 1998).

Insgesamt konnte MÜLLER (1998) in seinen Untersuchungen zur Gefäßpflanzen-, Moos- und Flechtenvegetation und -flora auf Lesesteinwällen (Steinrücken) im Erzgebirge 11 Gehölzgesellschaften nachweisen (Tabelle 1).

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Ausbildung der Gehölzformationen auf Lesesteinwällen sind dabei nach MÜLLER (1998) die Höhenlage, die Geologie, der Boden und der Bewirtschaftungsdruck (Turnus des Pflegehiebes).

Weitere spontan entstandene Hecken an Flurgrenzen, Wegböschungen oder Rainen kommen vor allem in den unteren Lagen vor und werden von den Landwirten oft als „Sträucherränder“ bezeichnet.

Tabelle 1: Gehölzgesellschaften der Lesesteinwälle des Erzgebirges (MÜLLER 1998)

<b>Gehölzgesellschaften der Lesesteinwälle</b>
Acer pseudoplatanus-Fraxinus excelsior-Gesellschaft, submontane Höhenform, Quercus petraea-Variante
Acer pseudoplatanus-Fraxinus excelsior-Gesellschaft, submontane Höhenform, typische Variante
Acer pseudoplatanus-Fraxinus excelsior-Gesellschaft, submontane Höhenform, Mercurialis perennis-Variante
Acer pseudoplatanus-Fraxinus excelsior-Gesellschaft, montane Höhenform, typische Variante
Acer pseudoplatanus-Fraxinus excelsior-Gesellschaft, montane Höhenform, Mercurialis perennis-Variante
Acer pseudoplatanus-Fraxinus excelsior-Gesellschaft, montane Höhenform, Sorbus aucuparia-Variante
Piceo-Sorbetum aucupariae, Acer pseudoplatanus-Variante
Piceo-Sorbetum aucupariae, typische Variante
Rosa subcanina-Prunus-spinosa-(Prunetalia)-Gesellschaft
Corylo-Rosetum vosagiaceae
Sambucetum racemosae

Hecken, die aus Gründen des Erosionsschutzes (Wind- und Wassererosion), des Biotopverbundes oder im Zuge von Ausgleichsmaßnahmen planmäßig angelegt wurden, kommen im ganzen Erzgebirge vor. Besonders viele dieser Heckenpflanzungen wurden entlang der neuen Autobahn A17 von Dresden nach Prag im Rahmen der Ausgleichsmaßnahmen geschaffen.

### 3 Stand der Forschung

Zum Thema Hecken ist eine Vielzahl an Untersuchungen aus unterschiedlichen Sichtweisen und mit unterschiedlichem Schwerpunkt dokumentiert. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Darstellung der wesentlichen Schwerpunkte der Heckenforschung aus Sicht des Naturschutzes, der Ökologie, der Landwirtschaft, der Hydrologie und der regionalen Heckenforschung.

Ausgangspunkt der Heckenforschung war vor allem die Diskussion um Hecken und deren Auswirkung auf die Landwirtschaft und Landnutzung. Schon 1767 wurde im Rahmen der Markenteilung, in der ein großer Teil der Hecken angelegt wurde, über die Sinnhaftigkeit dieser Anlagen diskutiert (WEBER 2003). Im Jahr 1784 wurde von der Akademie der Wissenschaften in Göttingen die Aufgabe gestellt, die Vor- und Nachteile der Hecken schlüssig darzulegen (WEBER 2003). Auch Albrecht Daniel THAER (1752 – 1828), der als der Begründer der modernen Landwirtschaft gilt, empfahl in Deutschland bereits in den Jahren 1798 bis 1812 Heckenpflanzungen zu Windschutzzwecken (s. RINGLER et. al 1997). Weitere Abhandlungen über die Heckenproblematik folgten (BINGE 1818, BRUHNS 1864 in WEBER 2003), so dass es seit dem 18. Jahrhundert kaum eine größere agrarökonomische Abhandlung gab, in der die Heckenproblematik nicht umfangreich diskutiert wurde (s. WEBER 2003).

In den 50er und 60er Jahren des letzten Jahrhunderts standen bei der Heckenforschung und -planung vor allem Ziele der Ertragssicherung im Vordergrund (KREUTZ 1952). Wichtige Abhandlungen zur Thematik „Hecken und Windschutz“ legten MÜLLER (1956) und JEDDELOH (1979) vor. Erste tier- und pflanzenökologische Grundlagen finden sich bei TISCHLER (1948), WEBER (1967) und WITTIG (1976). Wegbereiter tierökologischer Forschungen an Hecken war Wolfgang TISCHLER, seine grundlegenden Untersuchungen in Schleswig-Holstein sind noch immer wesentlich für das Verständnis der Heckenfauna. In Mitteleuropa beschäftigten sich vor allem ROTTER & KNEITZ (1977) und TISCHLER (1948) mit der zoologisch-faunistisch-ökologischen Erforschung der Hecken. Schon RICHARDS (1928) und BATES (1937) erkannten die ökologische Bedeutung von Hecken in England. Die wichtigsten diesbezüglichen Studien in England stammen von POLLARD et. al (1974) und in Frankreich (vor allem im Gebiet der Bretagne, Westfrankreich) von MISSONNIER et al. (1976), LEFEUVTE et al. (1976), BUREL & BAUDRY (1990), MICHEL et al. (2007), woraus eine Fülle tierökologischer Daten resultierte. Ein Schwerpunkt der ökosystemorientierten, tierökologischen und vegetationskundlich regionalisierten Heckenforschung lag Ende der



1970er Jahre in Nordbayern (ZWÖLFER et al. 1981 und 1984, REIF 1983 und 1985). Einen Meilenstein der bioökologischen Forschungsphase setzte das Bayreuther Heckensymposium 1982. Regionale Schwerpunkte der Heckenforschung in Deutschland waren die schleswig-holsteinische Knicklandschaft und die Heckenlandschaften in Bayern / Franken. Aktuelle Arbeiten zur Heckenforschung beschäftigen sich mit sehr speziellen Fragestellungen entweder im Rahmen lokaler Untersuchungen (THOB 2010 - Kirchberger Granitgebiet) oder bezüglich spezieller Arten (BOUGHEY et al. 2011 – Fledermäuse, HANNON & SISK 2009 – Bienen, MERCKX et al. 2010 - Falter). Ein weiterer Schwerpunkt der gegenwärtigen Forschungen zu Heckenstrukturen beschäftigt sich mit der Erhöhung der biologischen Vielfalt in Agrarräumen durch die Schaffung von Hecken im Sinne eines Habitatverbundes (DAVIES & PULLIN 2007, GELLING et al. 2007, MICHEL et al. 2007, WEHLING & DIEKMANN 2009, ERNOULT & ALARD 2011) und die Abwägung von Kosten und Nutzen (GROOT et al. 2010).

Über die Auswirkung von Hecken auf das Abflussgeschehen in Regionen mit gemäßigttem Klima ist wenig bekannt (BRONSTERT et al. 1993, MEROT 1999). obwohl es paradoxerweise oft als eine Maßnahme des dezentralen Hochwasserschutzes empfohlen wird (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006, SIEKER et al. 2007, RICHERT et al. 2007b). In den meisten Untersuchungen wurden die Hecken größtenteils bezüglich ihres Einflusses auf den Oberflächenabfluss und die Erosionsverminderung betrachtet (MEROT 1999). Oft werden Heckenbeseitigungen als eine Ursache für die Erhöhung von Schäden bei Hochwasserereignissen genannt und bei der Neuanlage von Hecken wird versucht so zu pflanzen, dass sie den Oberflächenabfluss reduzieren. Der Einfluss der Evapotranspiration von Hecken auf das Bodenwasserregime ist selten auf Einzugsgebietsebene untersucht worden, obwohl es Hinweise gibt, dass Hecken die Einzugsgebietshydrologie verändern (VIAUD et al. 2005). Der Einfluss von Einzelbäumen oder Hecken auf den Wasserhaushalt wurde größtenteils im Rahmen von Agroforstuntersuchungen in ariden oder semi-ariden Gebieten erforscht (LOON & STROOSNIJDER 2000, VIAUD et al. 2005).

Schwerpunkt von hydrologischen Effekten von Hecken wurden vor allem in Frankreich in der sogenannten „bocage“ Landschaft, in der Bretagne, Westfrankreich, einer ländlichen Region mit Äckern umschlossen von Heckenstrukturen, durchgeführt (GUYOT & SEGUIN 1975, CARNET 1978 in VIAUD et al. 2005, DE PARCEVAUX & GUYOT 1980 in VIAUD et al. 2005, CAUBEL et al. 2003, VIAUD et al. 2005, THOMAS et al. 2008, GHAZAVI et al. 2008, GHAZAVI et al. 2011).

In Polen haben sich Wissenschaftler um LECH RYSZKOWSKI vor allem mit den Einflüssen von Windschutzpflanzungen (shelterbelts) in Bezug auf die Möglichkeit der Kontrolle von Nährstoffeinträgen (RYSZKOWSKI 1989, RYSZKOWSKI & KEDZIORA 2007) und den Effekt von Hecken auf die Bodenfeuchte (RYSZKOWSKI & KEDZIORA 2007) und die Evapotranspiration (RYSZKOWSKI & KEDZIORA 1987) beschäftigt. Auch PETERJOHN & CORRELL (1984), BUREL (1996), CAUBEL-FORGET et al. (2001), und BORIN et al. (2010) weisen auf den Beitrag von Hecken, als Puffersysteme, zur Reduzierung des Eintrages von Schadstoffen aus landwirtschaftlichen Flächen in Gewässer hin.

Die Wirkungsweise von Bäumen auf die Hydrologie von Einzugsgebieten wurde im Rahmen von Untersuchungen zur Wirksamkeit des Waldes gegen Hochwasser untersucht (MOESCHKE 1998, MÖßMER 2003, IRRGANG 2003, SCHÜLER 2006, BINDER 2008).

Die Wirkung von Grashecken (grass hedge systems) auf die Infiltration und den Oberflächenabfluss wurde in einigen Studien untersucht (GILLEY et al. 2000, ANGIMA et al. 2002, RACHMANN et al. 2004a). Dabei wird besonders auf die Erhöhung der Durchlässigkeit der Böden durch erhöhte Makroporosität hingewiesen (RACHMANN et al. 2004b).

Empirische Untersuchungen zur Wahrnehmung von Hecken in England zeigten, dass die verschiedenen Funktionen von Hecken zum Beispiel als historische Landschaftselemente und Wildtierkorridore je nach Interessensgruppen unterschiedlich wahrgenommen werden (ORESZCYN & LANE 2000). Befragungen (18 Landwirte) von REIF et al. (1995) zu den Vor- und Nachteilen von Windschutzpflanzungen am südlichen Oberrhein geben eine Einschätzung der Akzeptanz dieser Pflanzungen. Studien zur Bereitschaft von Landwirten, an Agrarumweltmaßnahmen teilzunehmen, gibt es in vielen Ländern, so zum Beispiel in Belgien (VANSLEMBROUCK et al. 2002), England (MORRIS & POTTER 1995), Italien (DEFRANCESCO et al. 2008), Niederlande und Deutschland (KAZENWADEL et al. 1998), Estland und Finnland (HERZON & MIKK 2007), und für Europa (WILSON & HART 2000). Eine Studie des Deutschen Landschaftspflegeverbandes (DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE E.V. 2006) beschäftigte sich mit der Problematik von Landschaftselementen in der Agrarstruktur und befragte dazu in 11 ausgewählten Regionen Deutschlands insgesamt 55 Betriebe. Dabei wurden auch Themen wie die Bereitschaft zu Heckenpflanzungen und der Einfluss von Förderprogrammen mit untersucht.

Detaillierte Untersuchungen zur Akzeptanz und bevorzugten Anlage (z. B. zur Breite, Dichte, Lage am Hang und zur umgebenden Nutzung) von Hecken in Zusammenarbeit mit Landwirten sind aber nicht bekannt.

Bei der Beschäftigung mit der umfangreichen Literatur zu Hecken wird deutlich, dass die Heckenforschung überwiegend aus einem bestimmten Blickwinkel (ökologische Bedeutung, Landschaftsfunktion etc.) heraus betrieben wurde, sodass interdisziplinäre, fachübergreifende Aussagen selten sind. Es wurde viel zur Problematik von Hecken und deren Einfluss auf die Landwirtschaft geforscht (z.B. KREUTZ 1952, JEDDELOH 1979). Auch die Bedeutung der Hecken für Flora und Fauna ist sehr gut untersucht und beschrieben (für Deutschland zum Beispiel bei TISCHLER 1980, RINGLER et al. 1997, ZWÖLFER et al. 1981 und 1984, ZWÖLFER 1982, ZWÖLFER & STECHMANN 1989, REIF 1983 und 1985, REIF & ACHTZIGER 2000 und 2001).

Da sich zeigte, dass kaum Untersuchungen zur Akzeptanz von verschiedenen Heckenstrukturen existieren, stellte die Befragung von Landwirten mit einem eigens dafür entwickelten Fragebogen einen Schwerpunkt dieser Arbeit dar. Da ebenfalls nur unzureichende Ergebnisse zum Einfluss von Hecken auf den Wasserhaushalt in kleinen Einzugsgebieten in gemäßigten Klimaregionen zur Verfügung stehen, wurden die hydrologischen Auswirkungen von verschiedenen Heckendichten, -breiten und der Lage von Hecken am Hang mittels einer hydrologischen Niederschlagsabflussmodellierung mit dem Wasserhaushaltssimulationsmodell (WaSiM-ETH) untersucht.

Am Ende wurden die Ergebnisse hinsichtlich der Vereinbarkeit von Naturschutz, Landwirtschaft und Hydrologie im Sinne eines nachhaltigen Landschaftsmanagements zusammengeführt und Handlungsempfehlungen für den Erhalt, beziehungsweise die Neuanlage von Feldhecken gegeben. Dies ist ein Ansatz, der in dieser Art bisher noch nicht durchgeführt wurde.

## 4 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

### 4.1 Lage

Das Untersuchungsgebiet liegt im Freistaat Sachsen südwestlich der Stadt Dresden an der Grenze zur Tschechischen Republik (Abbildung 3).

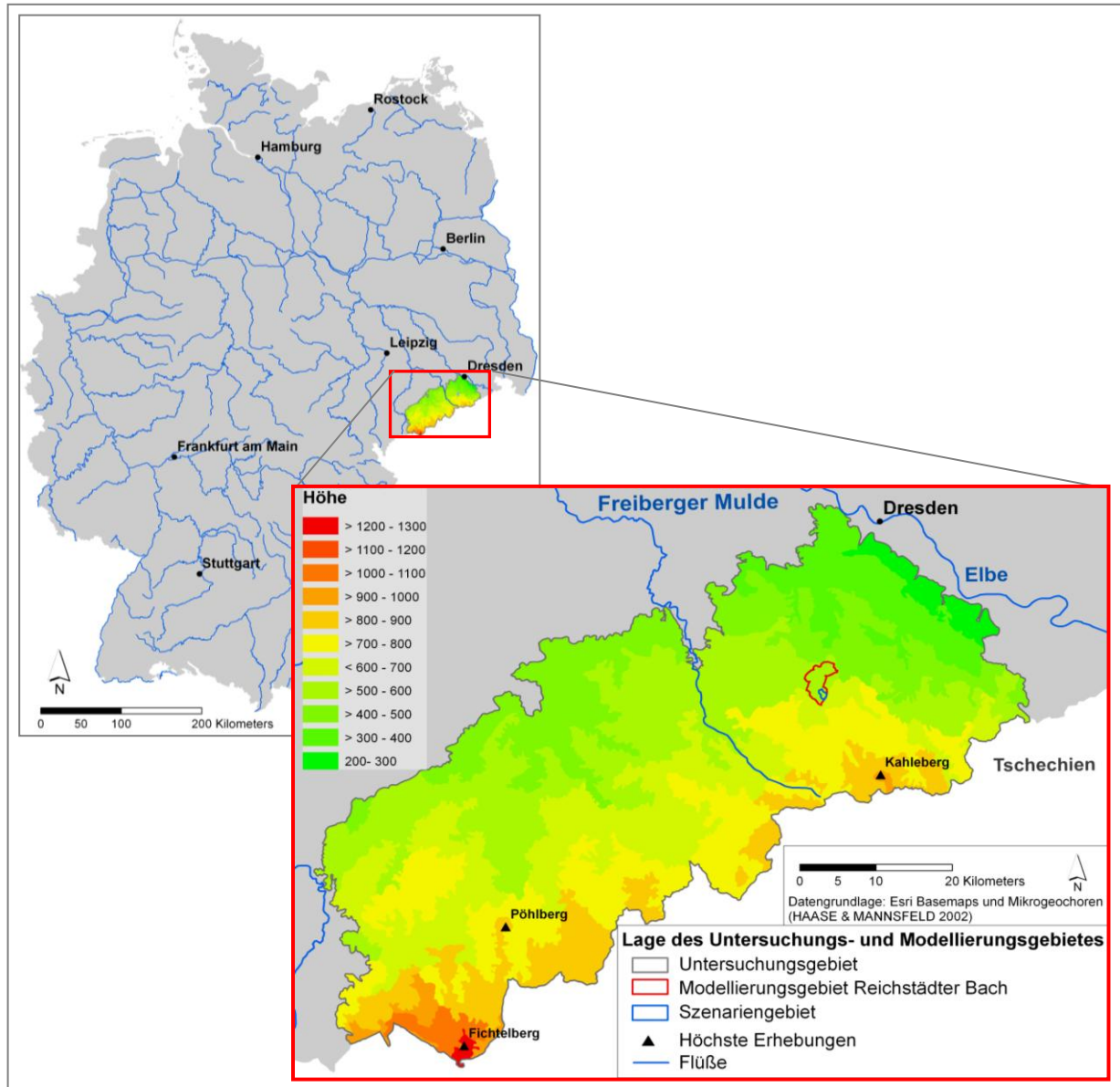


Abbildung 3: Lage des Untersuchungs- und Modellierungsgebietes

Es erstreckt sich entlang des Mittelgebirges Erzgebirge, von den unteren (200–450 m üNN) über die mittleren (450–750 m üNN) bis zu den oberen Lagen (750–950 m üNN).

Der tiefste Punkt (103 m üNN) im Untersuchungsgebiet liegt im Nordosten (in der Nähe von Cossebaude an der Elbe) und die höchsten markanten Erhebungen sind der Pöhlberg (832 m üNN), der Kahleberg (905 m üNN) und der Fichtelberg (1214 m üNN).

## 4.2 Auswahl des Untersuchungs-, Modellierungs- und Szenariengebietes

Die Betrachtung des Einflusses von Hecken auf Hochwasser- und Naturschutz unter Berücksichtigung von agrarökonomischen Belangen im Naturraum Erzgebirge wurde auf verschiedenen Maßstabsebenen durchgeführt. Die Bestandsanalyse der Hecken und die Befragung der landwirtschaftlichen Betriebe erfolgte auf der regionalen Ebene (Makroskala, Größe des Untersuchungsgebietes knapp 1350 km<sup>2</sup>), um Aussagen für den Naturraum Erzgebirge treffen zu können. Dabei wurde das Untersuchungsgebiet nach naturräumlichen Gesichtspunkten auf Basis von Makrogeochoren abgegrenzt (Abbildung 4). Makrogeochoren sind eine Naturraumeinheit des oberen chorischen Ranges, die ein Gefüge von Mesogeochoren beinhaltet, die einen tektogen-höhenklimatischen beziehungsweise morphogenetischen Zusammenhang aufweisen (HAASE & MANNSFELD 2002).

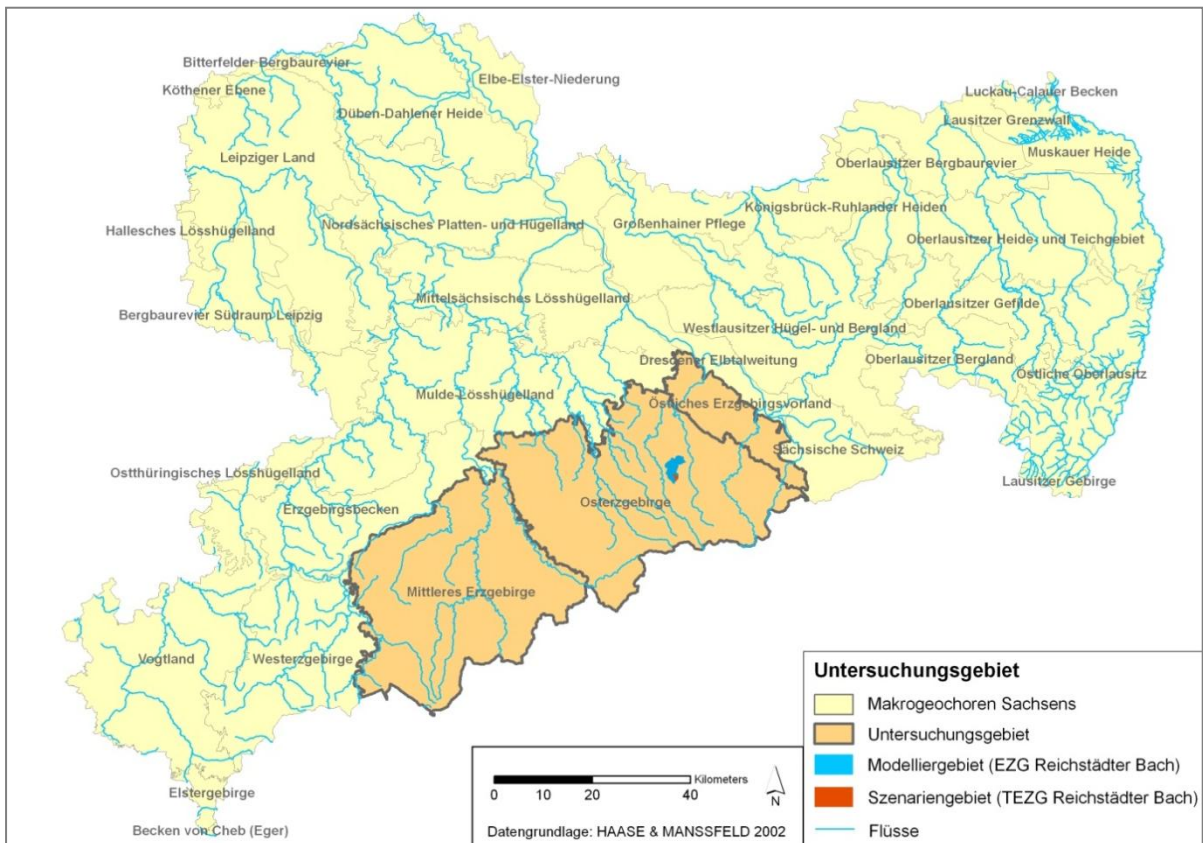


Abbildung 4: Auswahl des Untersuchungsgebietes anhand von Makrogeochoren (nach HAASE & MANNSFELD 2002)

Die Makrogeochoren des „Östlichen Erzgebirgsvorlandes“, des „Osterzgebirges“ und des „Mittleren Erzgebirges“ stellen einen großen Teil des Naturraumes Erzgebirge dar. Dieser Naturraum ist durch einen für Mittelgebirgsregionen auffallend hohen Anteil an Offenland und eine besonders hohe Heckendichte geprägt und wurde infolgedessen als Untersuchungsgebiet ausgewählt.

Die hydrologische Modellierung wurde sowohl in einem mesoskaligen Einzugsgebiet, dem Reichstädter Bach (Modellierungsgebiet, Größe 12,7 km<sup>2</sup>) als auch in einem mikroskaligen Teileinzugsgebiet des Reichstädter Baches (Szenariengebiet, Größe 83,7 ha) durchgeführt (Abbildung 5). Das Modellierungsgebiet wurde ausgesucht, da die Landestalsperrenverwaltung Sachsen (LTV) dort seit 01.11.1981 einen Pegel zur Erfassung des Abflusses des Reichstädter Baches betreibt (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2006) und es sich um ein sogenanntes „beobachtetes Gebiet“ handelt, was für die Kalibrierung des verwendeten hydrologischen Modells von entscheidender Bedeutung ist. Des Weiteren konnte auf Ergebnisse zahlreicher Diplomarbeiten an der TU Bergakademie Freiberg (HAGEDORN 2003, SEQUEIRA 2003, SCHÖNE 2004, MERTING 2005) zurückgegriffen werden, die sich hauptsächlich mit bodenkundlichen und hydrologischen Fragestellungen in diesem Einzugsgebiet auseinander gesetzt haben. Die naturräumlichen Gegebenheiten des Einzugsgebietes eignen sich sehr gut für die Modellierung im Rahmen der hier untersuchten Fragestellung bezüglich des Einflusses von Hecken und deren Eigenschaften auf die Abflussbildung in Mittelgebirgen (Tabelle 2).

Besonders die Lage des Modellierungsgebietes in den unteren bis mittleren Lagen des Erzgebirges spielt eine wesentliche Rolle, da sich mit steigender Höhenlage zunehmende Niederschläge und abnehmender potentieller Wasserrückhalt gegenüber stehen. Dieser abnehmende potentielle Wasserrückhalt beruht auf Bodenbedingungen, die mit zunehmender Höhe im Allgemeinen flachgründiger, skelettreicher und stärker geneigt werden und damit durch ein geringeres Wasseraufnahme- und Wasserhaltevermögen gekennzeichnet sind (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU 1999b, GERBER 2009). Zusätzlich führt eine durch die Höhenlage klimatisch bedingte sinkende pflanzliche Wachstumsleistung und damit eine vergleichsweise verminderte Gesamtbiomasse zu einer geringeren Evapotranspiration als in tieferen Lagen, also zu verminderter Zwischenspeicherung auf der Vegetation und zu geringerem Verbrauch durch Verdunstung (GERBER 2009). Daher sind Maßnahmen zum flächenhaften Hochwasserschutz in hochgelegenen und niederschlagsreichen Hochwasserentstehungsgebieten weniger effektiv

als in tiefer gelegenen Bereichen mit tiefgründigeren Böden (vgl. GERBER 2009, SIEKER et al. 2007, RICHERT et al. 2007a).

Heckenpflanzungen mit dem Ziel der Abflussminimierung sollten daher vor allem in günstigen Gebieten mit höherem Retentionspotential angestrebt werden. Das Einzugsgebiet des Reichstädter Baches eignet sich daher sehr gut als Modellierungsgebiet, da es tiefgründige Böden, geringe Hangneigungen und einen hohen Anteil an Ackerland aufweist und daher angenommen wird, dass eine gezielte Pflanzung von Hecken zur Abflussminimierung beitragen könnte.

Mit Hilfe des im Modellpaket WaSiM-ETH zur Verfügung gestellten Programms zur topographischen Analyse (TANALYS) wurden Analysen des Höhenmodells durchgeführt und die Teileinzugsgebiete des Modellierungsgebietes Reichstädter Bach abgegrenzt. Um die hydrologischen Auswirkungen von verschiedenen Heckendichten, -breiten und der Lage von Hecken am Hang mittels einer hydrologischen Niederschlagsabflussmodellierung zu untersuchen, war die Auswahl eines mikroskaligen Szenariengebietes notwendig. Das Szenariengebiet wurde aufgrund seiner Lage, Hangneigung, Größe, Landnutzung ausgewählt (Tabelle 2, Abbildung 21).

Tabelle 2: Naturräumliche Charakteristika des Einzugsgebietes Reichstädter Bach

<b>Naturräumlich Eigenschaften</b>	<b>Modellierungsgebiet Reichstädter Bach</b>	<b>Szenariengebiet</b>
Lage	untere bis mittlere Lagen des Osterzgebirges	oberer Bereich des Modellierungsgebietes
Höchster Punkt	602 m üNN (im Süden des EZG)	580 m
Tiefster Punkt	360 m üNN (im Norden des EZG)	475 m
Höhenunterschied	242 m	105 m
Hangneigungen minimal	2°	2°
Hangneigung maximal	32°	13°
Mittlere Hangneigung		4° (Szenariengang)
Gebietsgröße	12,7 km <sup>2</sup>	83,5 ha (1500 m Hanglänge)
Landnutzung	vorwiegend Ackerland	vorwiegend Ackerland
Bodentiefe	größtenteils zwischen 0,5 und 1 m	größtenteils zwischen 0,6 m und 1 m



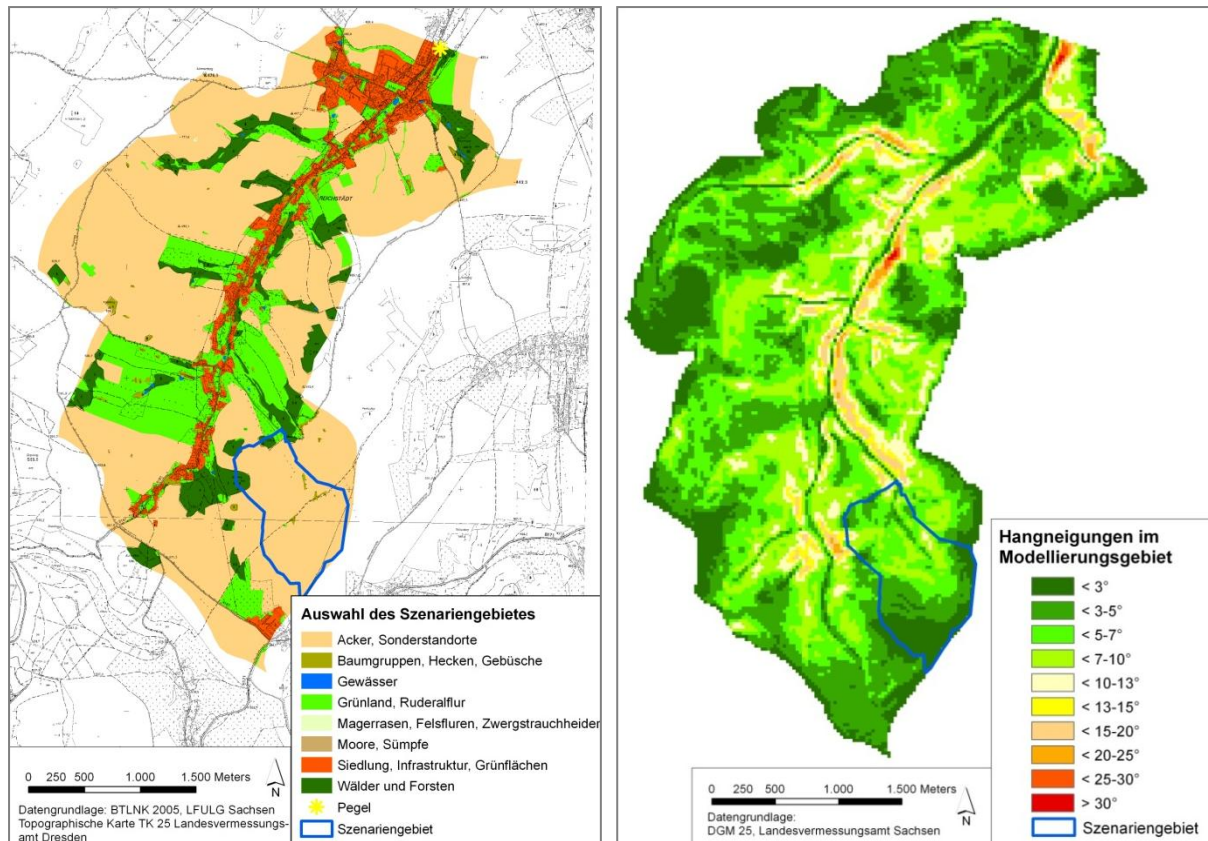


Abbildung 5: Landnutzung und Hangneignungsverhältnisse im Modellierungs- und Szenariengebiet

Wie die Arbeit von MERTING (2005) zeigt, ist besonders im Szenariengebiet im Mittel ein hoher Bodenabtrag zu verzeichnen (Abbildung 6). Da es sich um größtenteils tiefgründige Braunerden und Podsole (siehe Kapitel 4.5 „Böden“) mit einer Tiefe zwischen 0,4 m und 1,0 m handelt (Abbildung 6), wird erwartet, dass die Pflanzung von Hecken in diesem Teileinzugsgebiet (positive) Auswirkungen sowohl auf den Abfluss als auch auf die Erosion haben wird.



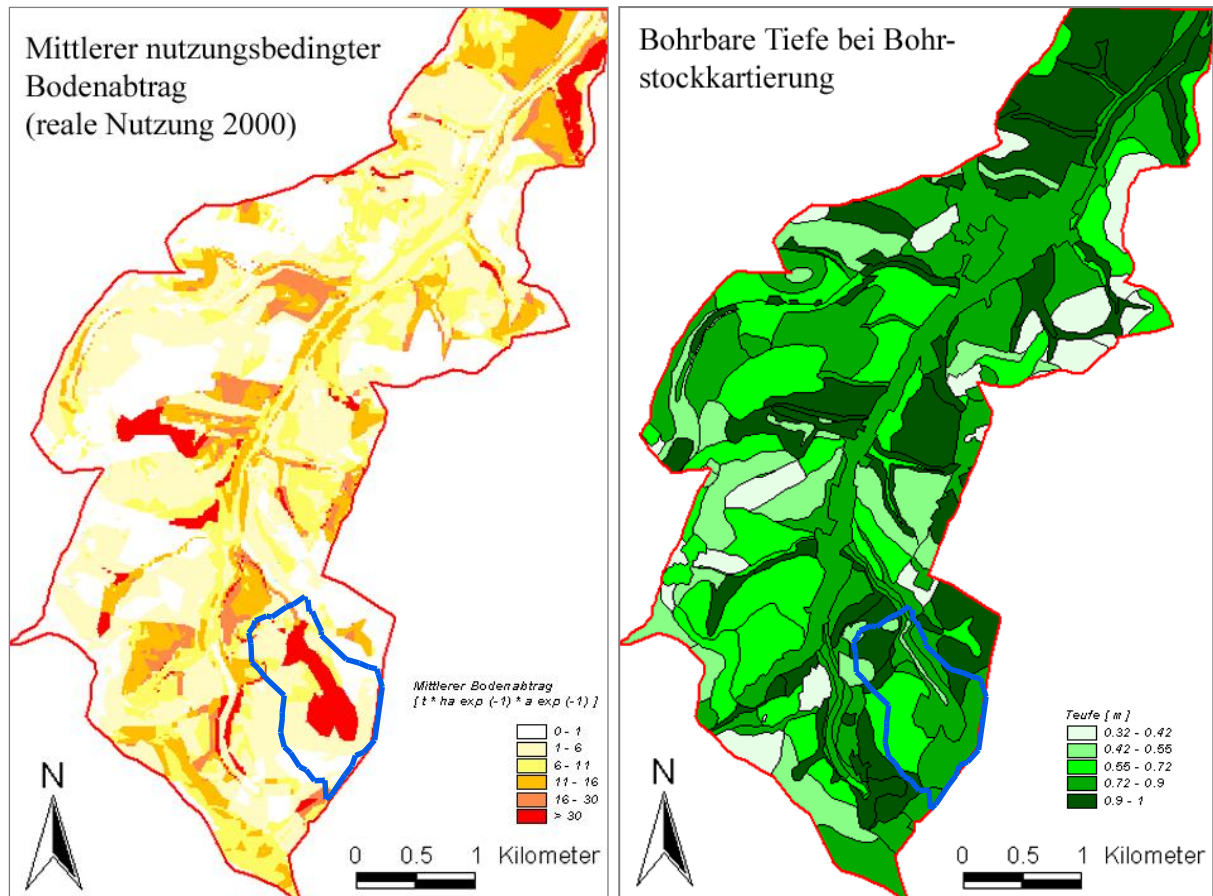


Abbildung 6: Bodenabtrag und bohrbare Tiefe im Modellierungsgebiet (Ergebnisse aus MERTING (2005), blau Lage des Szenariengebietes)

## 4.3 Geologie und Relief

### 4.3.1 Untersuchungsgebiet

Das Erzgebirge ist eine WSW-ONO streichende südseitig angehobene Pultscholle mit markantem Steilabfall zum böhmischen Becken und einer 30-40 km nach Norden reichenden Abdachung, die allmählich in das sächsische Hügelland übergeht (RÖDER et al. 2008). Besonderes Kennzeichen ist ein ausgeprägtes Hochflächen-Täler-Relief (Abbildung 7).

Im Formenbild dominieren weitgespannte flachwellige Hochflächen, in welche die Täler tief und schmal eingeschnitten sind (KAULFUß 1999). Es bietet sich das typische Bild einer Rumpfflächenlandschaft, aus der nur wenige Erhebungen und kaum ausgeprägte Berggestalten hervorragen (BERNHARDT & RICHTER 1995). Geologisch wird das Untersuchungsgebiet weitgehend durch metamorphe Gesteine und eingeschaltete Magmatite bestimmt und durch Tiefenstörungen begrenzt. Vorherrschende Gesteine sind Gneis, Glimmerschiefer und Phyllite, die in unterschiedlichem Maße von Magmatiten (vor allem Granite, Rhyolite und Basalte) durchsetzt sind (RÖDER et al. 2008).

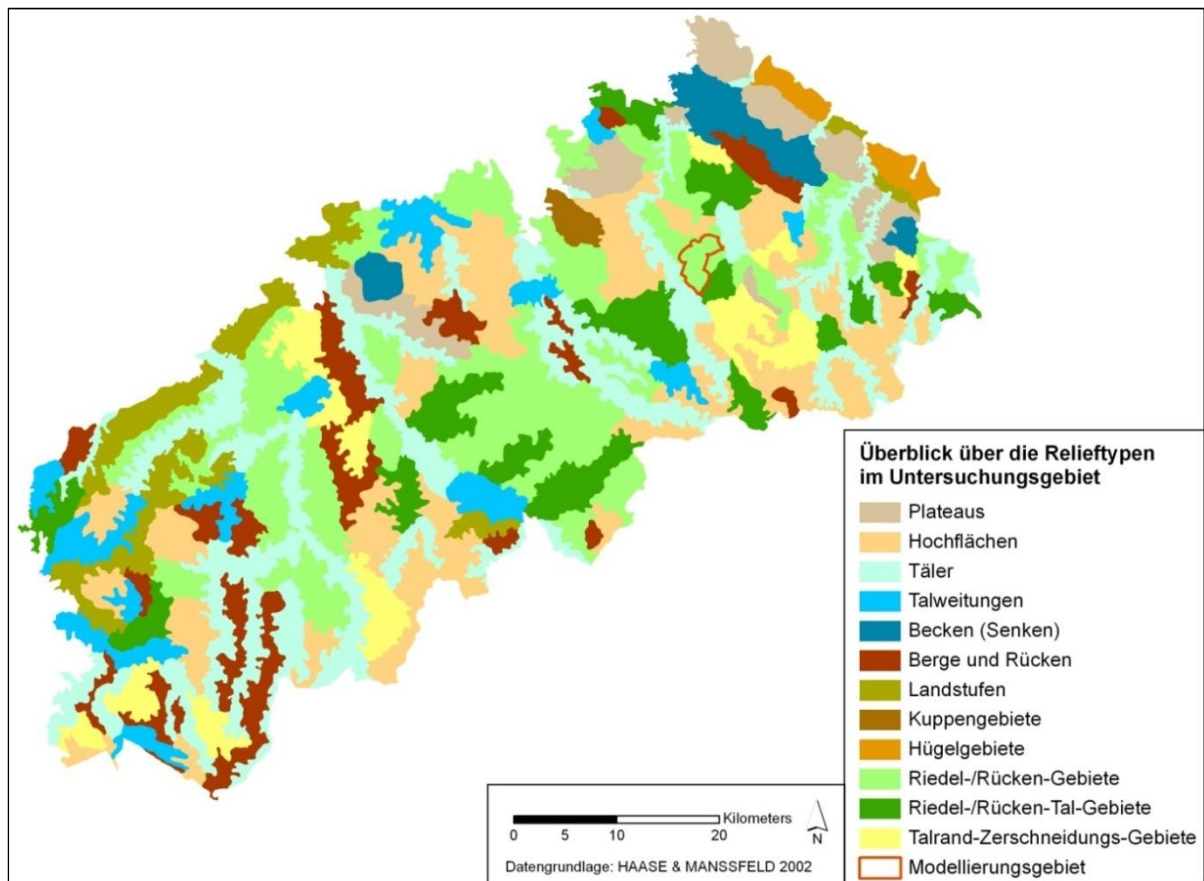


Abbildung 7: Überblick über die Relieftypen im Untersuchungsgebiet

Das Modellierungsgebiet befindet sich in einem Riedel-/Rücken-Gebiet und ist überwiegend aus Freiburger Gneis, Alluvionen der kleinen Täler, Granitporphyr und einzelnen Quarzporphyrgängen aufgebaut (GK 25).

#### 4.4 Hydrologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet wird über das Flusssystem der Elbe mit den Teileinzugsgebietszuflüssen der Müglitz, der Weißeritzen, der Bobritzsch, der Freiburger und Zwickauer Mulde, der Striegis, der Flöha, der Zschopau und der Zwönitz zur Nordsee entwässert (Abbildung 8).

Das mittlere und westliche Erzgebirge zeichnet sich durch eine hohe Anzahl an Talsperren aus (z.B. Talsperre Neunzehnhain, Saidenbach, Lehmühle, Klingenberg, Malter, Rauschenbach, Lichtenberg).

Da das Erzgebirge ein zusammenhängender Kristallinkomplex ist, wird es hydrogeologisch als eine Einheit betrachtet (JORDAN & ABRAHAM 1995). Dabei ist der Komplex wenig durchlässig und besitzt lediglich entlang von Klüften, Störungszonen, Verwitterungszonen

und den inselhaft vorkommenden Kreidesandsteinen gute Grundleiterfähigkeit. Der dominierende Abflussprozess ist der hypodermische Abfluss.

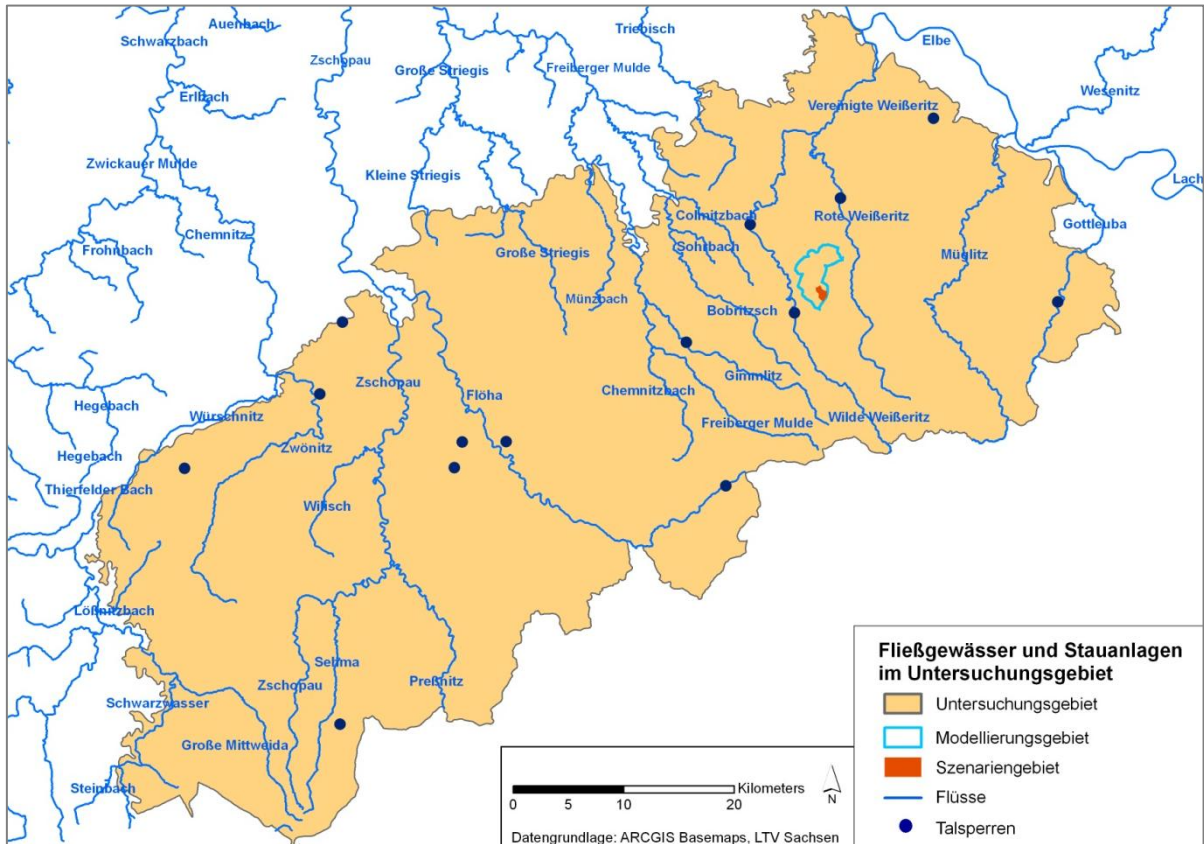


Abbildung 8: Karte der größten Fließgewässer und Talsperren im Untersuchungsgebiet

Der das Einzugsgebiets des Modellierungsgebietes entwässernde Reichstädter Bach ist einer der Hauptzuflüsse der Roten Weißeritz. Nach dem Flussordnungskonzept von Strahler (DYCK & PESCHKE 1995) ist es ein Fließgewässer zweiter Ordnung. Mit einer Fläche von 12,7 km<sup>2</sup> nimmt es etwas weniger als 10% des Gesamteinzugsgebiets der Roten Weißeritz ein. Der Reichstädter Bach entspringt in zwei separat gelegenen Quellen, zum einen sickert das Wasser diffus aus einer Mulde in den Feldern im Süden in einem Höhenbereich um die 530 m üNN hervor und zum anderen wurde in 540 m üNN im obersten Bereich der Ortschaft Reichstädt eine Quelfassung erbaut (HAGEDORN 2003).

Die maximalen Fließzeiten für das Modellierungsgebiet betragen 13 Stunden und für das Szenariengebiet 3 Stunden (berechnet mit TANALYS, einem Programm zur topographischen Analyse).

Der mittlere Jahresdurchfluss am Pegel Reichstädt in den Jahren 1995–2009 ist in Abbildung 9 dargestellt.

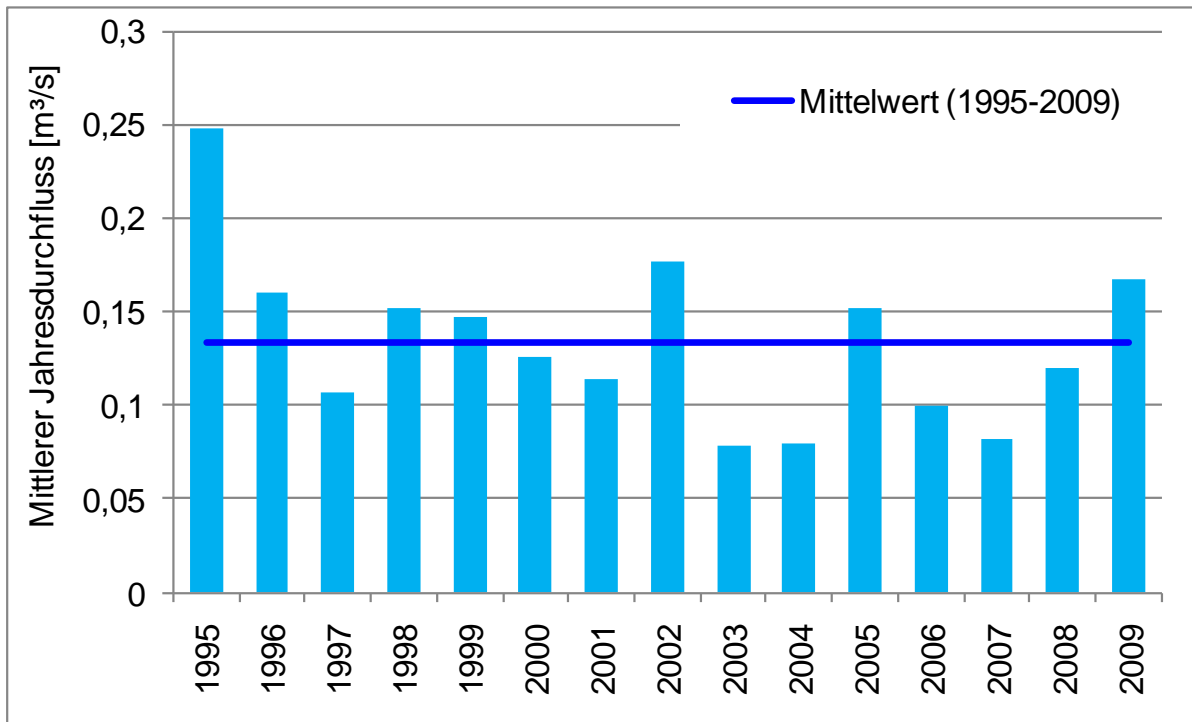


Abbildung 9: Mittlerer Jahresdurchfluss am Pegel Reichstädt von 1995-2009 (Daten LfULG Sachsen)

Der Mittelwert des mittleren Jahresdurchflusses des Reichstädter Baches am Pegel Reichstädt von 1995-2009 beträgt  $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$ , wobei das Jahr 1995 mit knapp  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$  den höchsten und das Jahr 2003 und 2004 mit  $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$  den niedrigsten Wert aufweisen. Der höchste mittlere Tagesdurchfluss wurde am 13.08.2002 mit  $4,38 \text{ m}^3/\text{s}$  erreicht. Der niedrigste Durchfluss ist  $0,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , was sowohl an einigen Tagen im Jahr 2003 als auch 2004 auftrat.

Eine Auswertung des Durchflusses nach Monatsmittelwerten (Abbildung 10) nach Minimal, Maximal und Mittelwert zeigt, dass das Einzugsgebiet maximale Durchflusswerte im März aufweist, was mit einem erhöhten Durchfluss durch die Schneeschmelze bedingt sein dürfte. Minimale Durchflüsse treten meist in den Sommermonaten (Juli und August) auf.

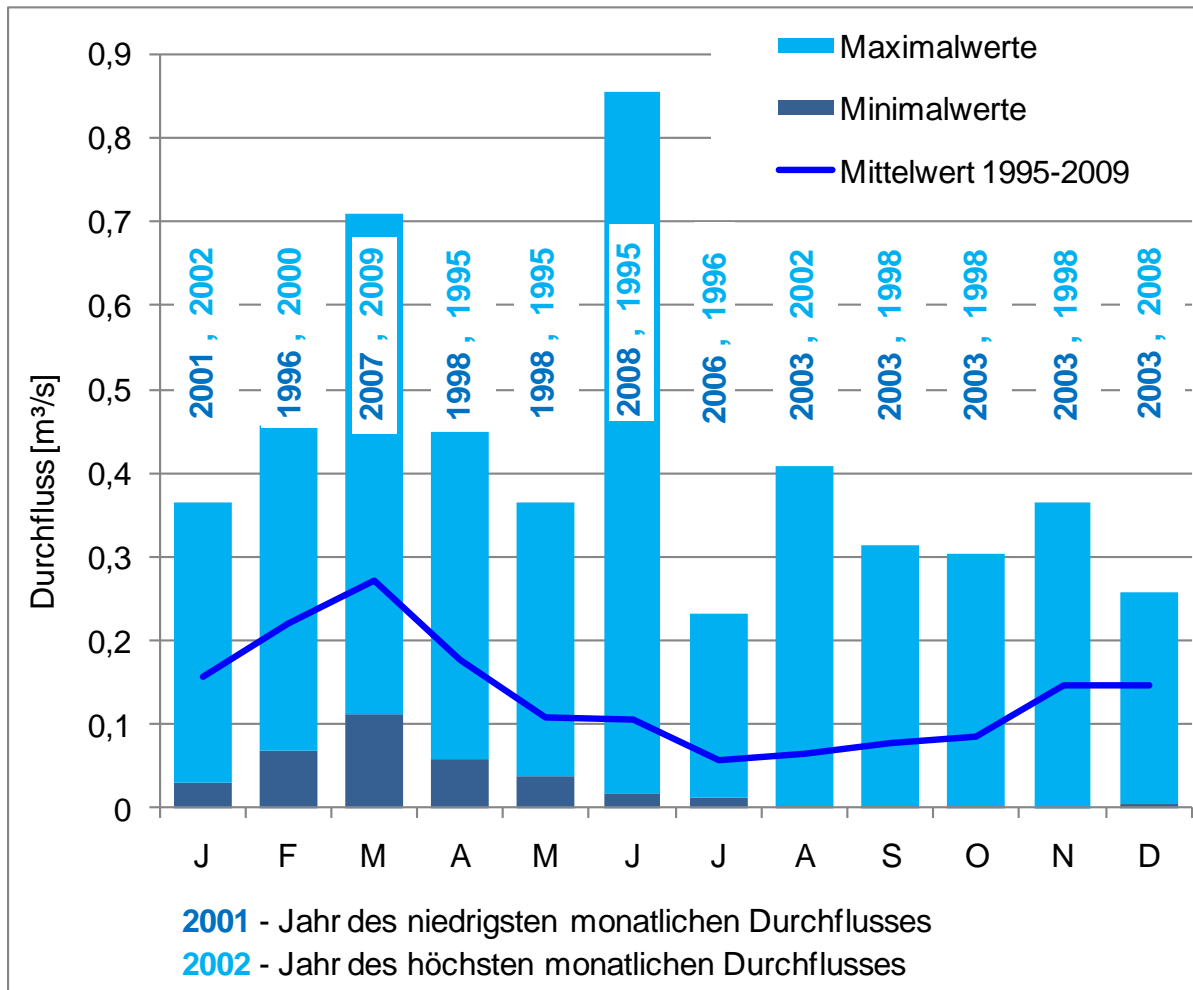


Abbildung 10: Minimale, maximale und mittlere monatliche Durchflüsse am Pegel Reichstädter Bach von 1995-2009 und Angabe zum betreffenden Jahr (Daten LfULG Sachsen)

Besonders hohe monatliche Abflüsse waren im Juni 1995 ( $0,84 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und März 2009 ( $0,60 \text{ m}^3/\text{s}$ ) zu verzeichnen. Sehr niedrige Abflüsse traten von August bis Dezember 2003 auf (zwischen  $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $0,0008 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

## 4.5 Böden

### 4.5.1 Untersuchungsgebiet

Die Böden des Osterzgebirges haben sich überwiegend auf Gesteinsverwitterungsdecken gebildet, die im Wesentlichen in der Weichselkaltzeit entstanden. Ihr Habitus wandelt sich in Abhängigkeit von Höhenlage, Geländeausformung und Ausgangsgestein. Die dominierenden Bodentypen im Untersuchungsgebiet sind Braunerden, Braunerde-Podsole und Podsol-Braunerden und im Nordosten Pseudogleye (Abbildung 11).



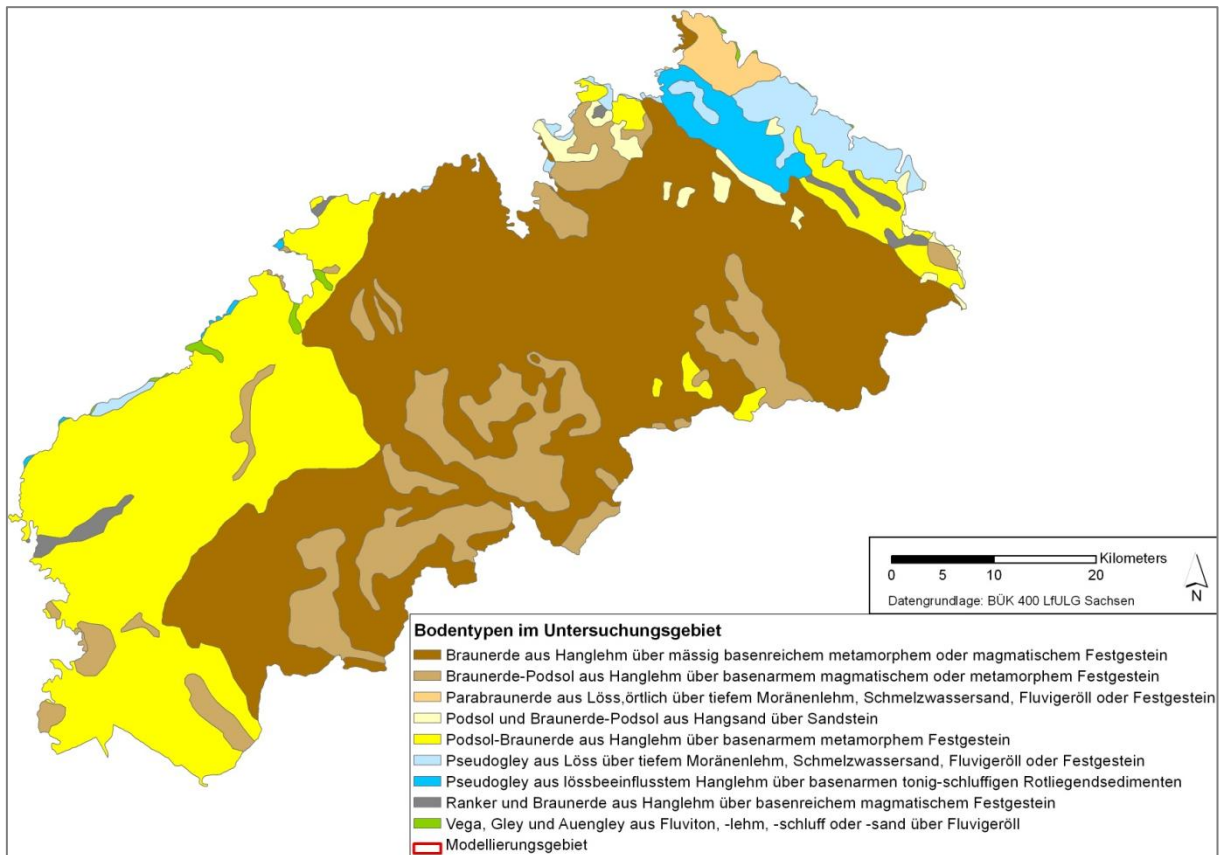


Abbildung 11: Überblick über die Bodentypen im Untersuchungsgebiet

Am fruchtbarsten sind die sandig-lehmigen Böden des Gneises, die als Braunerden ausgebildet sind. In Lagen unterhalb von 500 m sind inselartig aufgewehte, meist stauvergleyte und geringmächtige Lössvorkommen der jüngeren Eiszeit anzutreffen. Staugleye sind außerdem in den meist flachen Quellmulden der Hochflächen verbreitet; Torfbildungen sind nur noch vereinzelt in den oberen Lagen zu finden (KAULFUß 1999).

Aufgrund der vorherrschenden Boden- und Klimabedingungen nimmt die Acker-, Grünland- und Ertragsmesszahl mit steigender Höhenlage ab. Die Ackerzahl ergibt sich aus Bodenart, geologischer Herkunft des Bodens, Zustandstufe des Bodens, Klima und Relief. Dabei handelt es sich um Verhältniszahlen (von 7 bis 100), wobei das Optimum in Deutschland bei einigen Schwarzerden der Magdeburger Börde liegt (BALDENHOFER 1999). Für die Ermittlung der Grünlandzahl wird die Beurteilung nach Bodenart und Zustandsstufe verwendet, allerdings weniger differenziert als bei der Ackerzahl. Die Ertragsmesszahl ergibt sich aus dem Verhältnis der Anteile an verschiedenwertigem Acker- und Grünland, wobei die einzeln bewerteten Parzellen mit der Acker- und Grünlandfläche multipliziert werden (BALDENHOFER 1999).

#### 4.5.2 Modellierungsgebiet

Im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach sind überwiegend Sandlehme (Slu und Sl4) und Schluffe (Uls und Lu) als Bodenarten verbreitet. Die dominierenden Bodentypen sind Braunerden (BB), Pseudogleye (SS) und Braunerde-Regosol (BB-RQ) (Abbildung 12) mit Mächtigkeiten je nach Standort von 0,3 m bis 1,0 m (Abbildung 6).

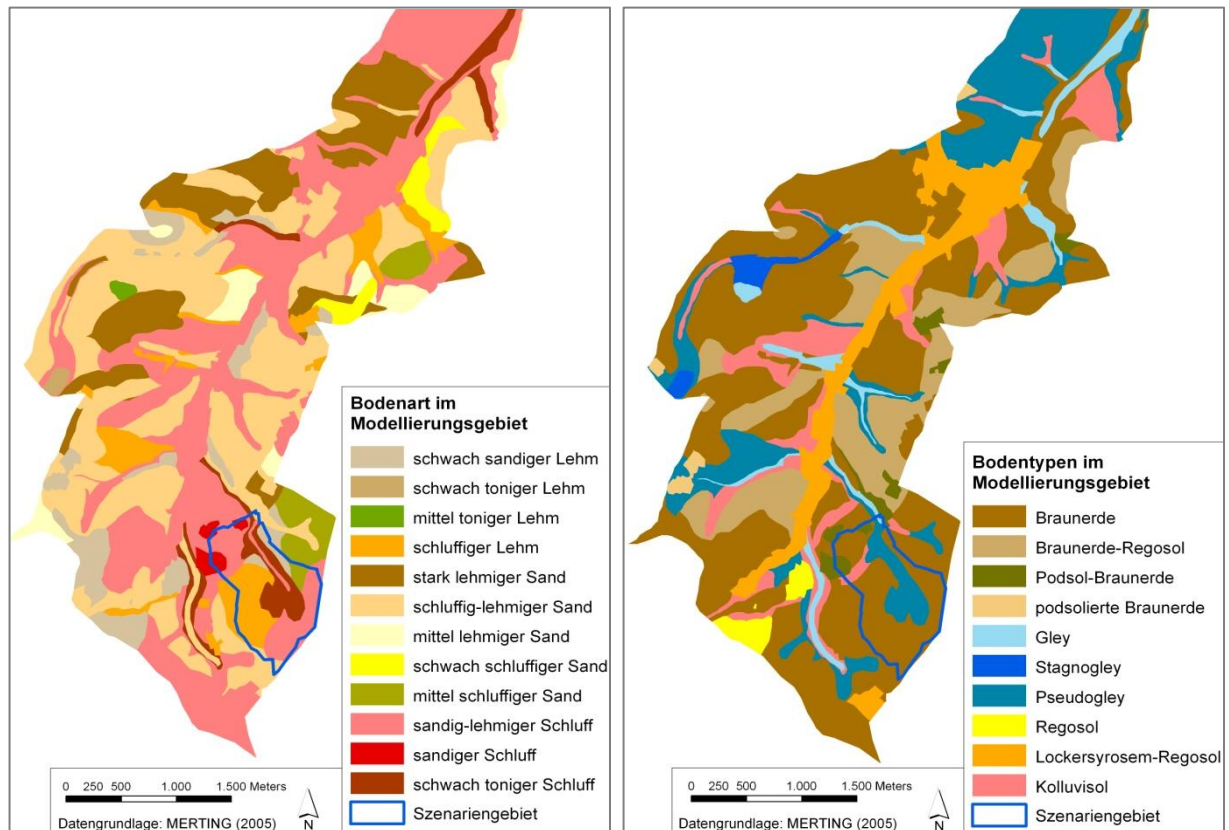


Abbildung 12: Überblick über Bodenarten und Bodentypen im Modellierungsgebiet

## 4.6 Klima

### 4.6.1 Untersuchungsgebiet

Klimatisch liegt das Untersuchungsgebiet im Übergangsbereich vom maritim zum kontinental geprägten Klima. Der zunehmende Einfluss der Kontinentalität wird durch eine steigende Amplitude der mittleren Jahresschwankung der Temperatur und der Dominanz von Sommer- und Frühjahrsregen gekennzeichnet. Das Klima des Erzgebirges zeigt eine deutliche temperatur- und niederschlagsbezogene Höhendifferenzierung (Abbildung 13) (BERNHARDT & RICHTER 1995).

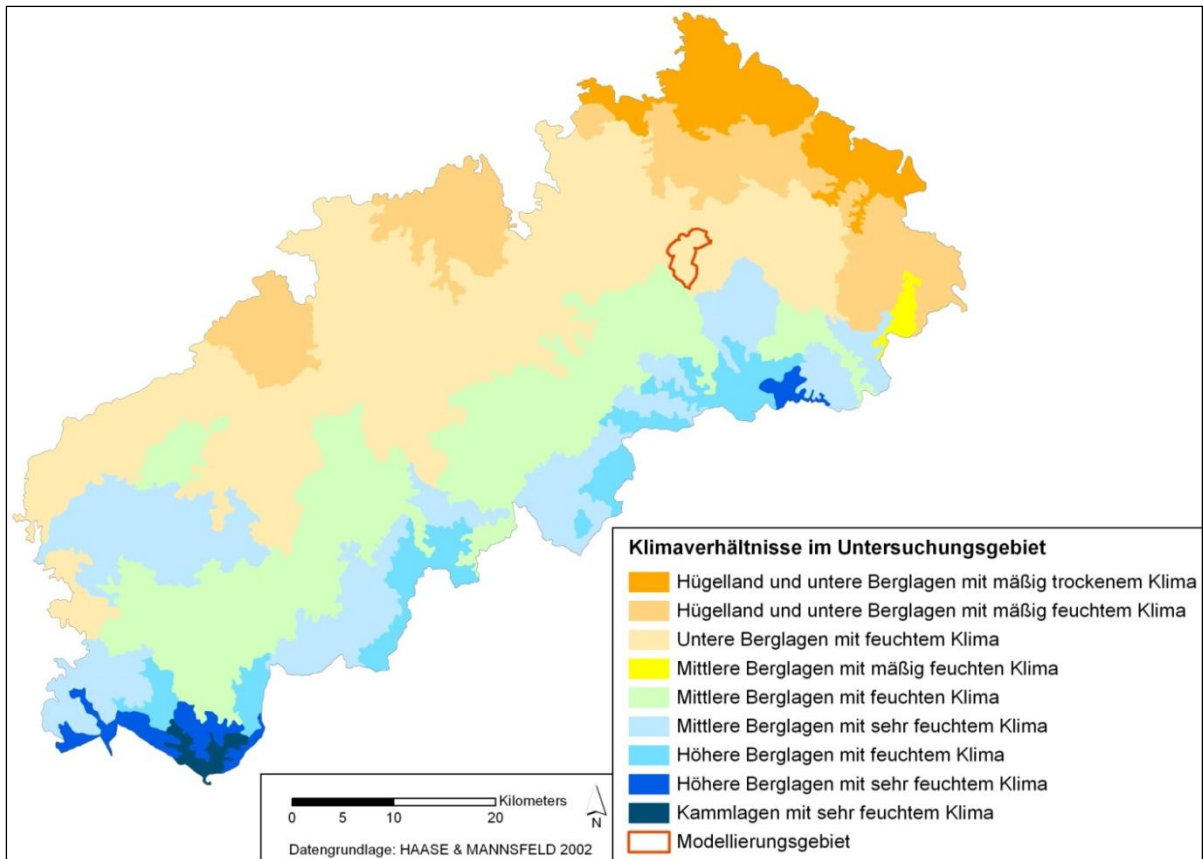


Abbildung 13: Klimaverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Mit zunehmender Höhenlage sinken die Temperaturen, im Jahresmittel um ca. 0,6 K/100 m, und steigen die Niederschläge, welche aber zusätzlich noch eine west-östliche Differenzierung aufweisen (RÖDER et al. 2008). Die von Westen nach Osten abnehmende Niederschlagsmenge beruht auf den vorherrschenden westlichen Luftströmungen. Im Untersuchungsgebiet liegen die Jahresniederschlagssummen zwischen etwas unter 650 mm im Nordosten und knapp 1.150 mm im Südwesten (Abbildung 14). Die vom Mittelmeer nordostwärts ziehenden Tiefdruckgebiete, die sogenannten V<sup>b</sup>-Wetterlagen, bringen gewöhnlich ergiebige Dauerniederschläge, die im Frühjahr zu einer plötzlich auftretenden starken Schneeschmelze führen können und im Sommer die Hauptursache für Katastrophenhochwasser, wie zum Beispiel im Jahr 2002, sind (RÖDER et al. 2008).

Die Jahresmitteltemperaturen (1961-1990) im Untersuchungsgebiet schwanken zwischen über 9°C im Nordosten und unter 5°C im Südwesten (Abbildung 15).



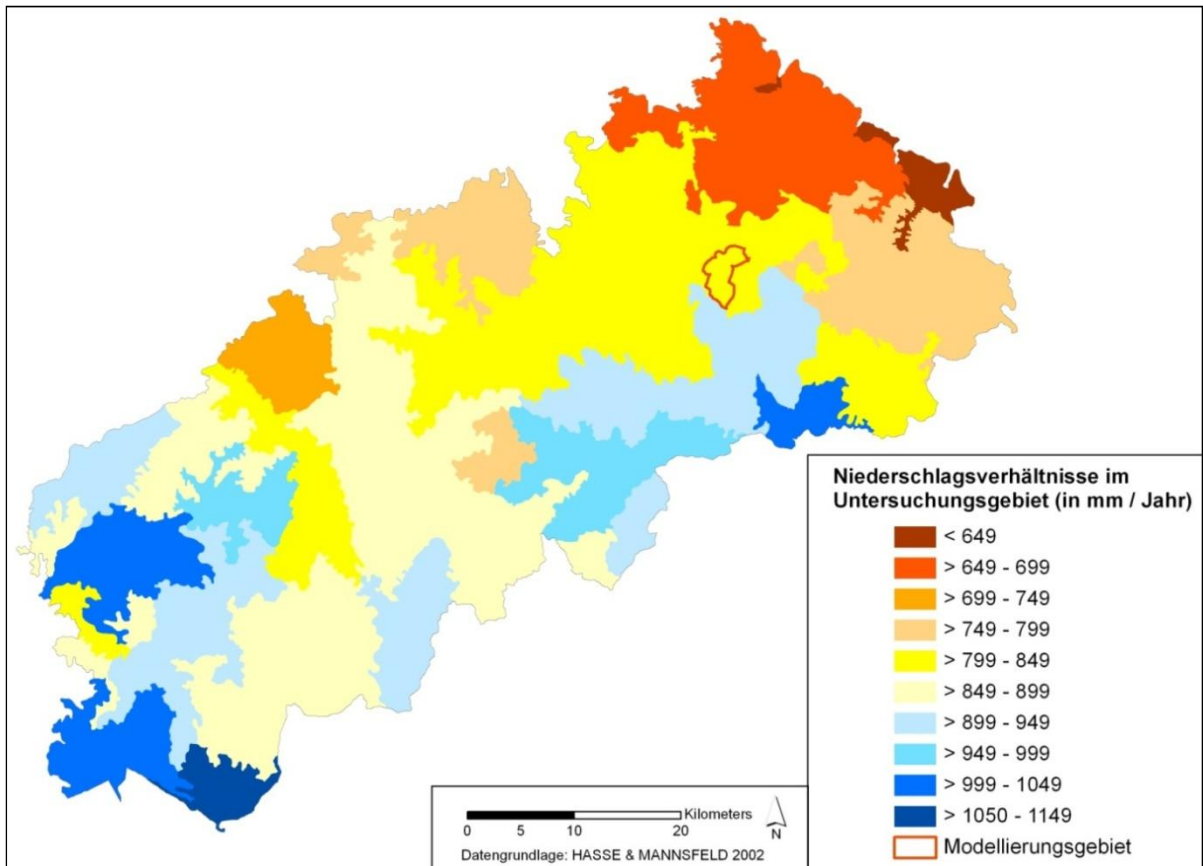


Abbildung 14: Niederschlagsverhältnisse im Untersuchungsgebiet

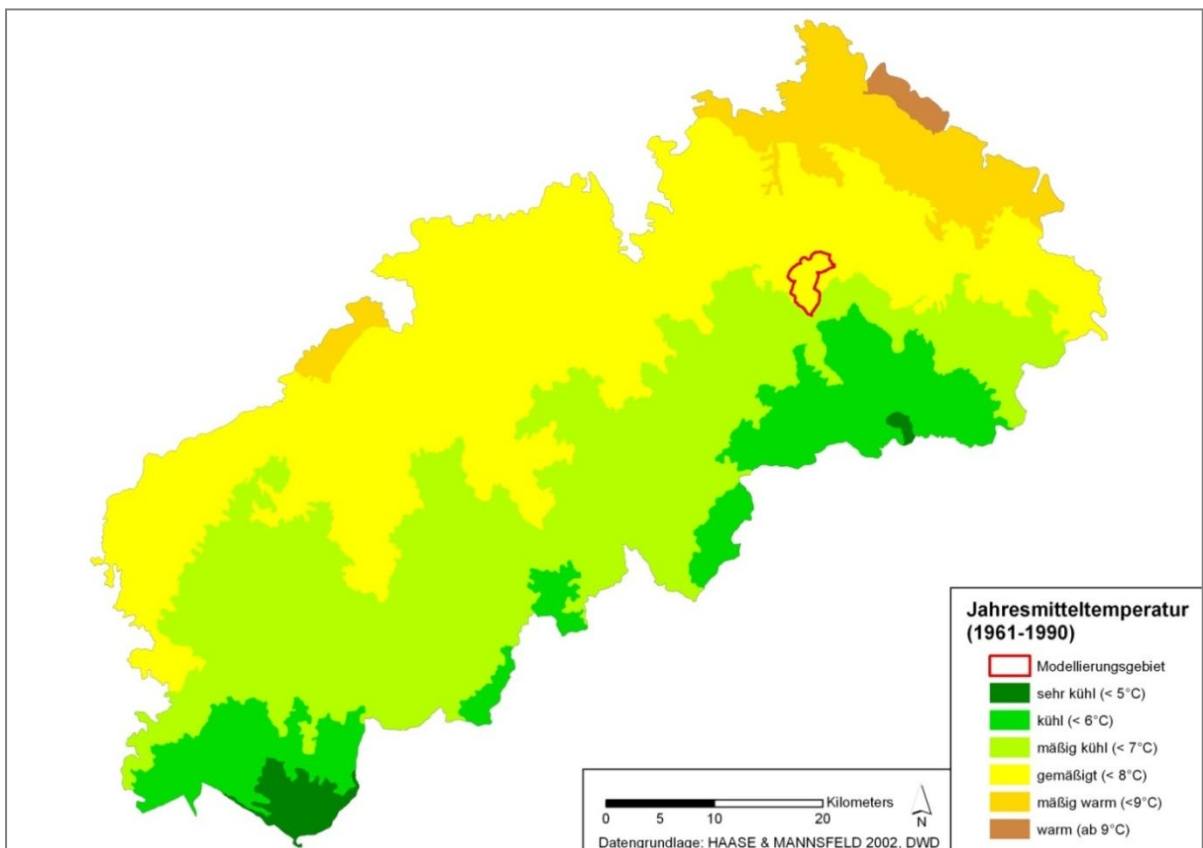


Abbildung 15: Jahresmitteltemperaturen im Untersuchungsgebiet

#### 4.6.2 Modellierungsgebiet

Das Modellierungsgebiet Reichstädter Bach liegt im Bereich der unteren Berglagen mit feuchtem Klima und gemäßigten Temperaturen mit Jahresmitteltemperaturen um 8°C.

Die zur Modellierung verwendeten Klimastationen liegen 2 km nordöstlich vom Modellierungsgebiet entfernt auf 365 m üNN (Dippoldiswalde) beziehungsweise 10 km nördlich auf 385 m üNN im Tharandter Wald (Wildacker) (Abbildung 16).

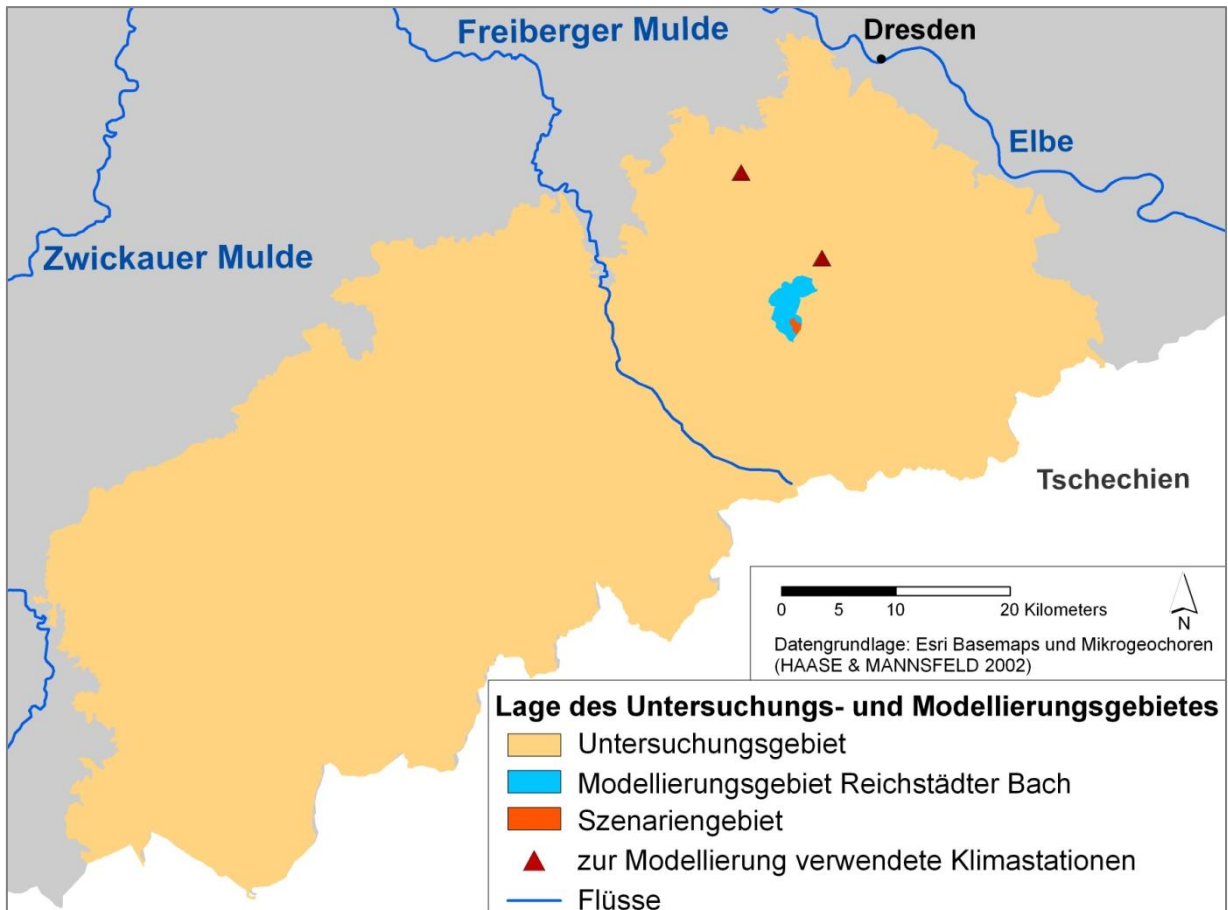


Abbildung 16: Lage der zur Modellierung verwendeten Klimastationen

Der durchschnittliche jährliche Niederschlag (1997-2008) der Station Dippoldiswalde liegt bei 780,5 mm, im Winterhalbjahr bei 361,4 mm und im Sommerhalbjahr bei 419,1 mm (Abbildung 17). Die Werte für die Station Wildacker sind etwas höher und liegen im Winterhalbjahr bei 402,7 mm und im Sommerhalbjahr bei 424,1 mm. Überdurchschnittlich feuchte Jahre waren für beide Stationen die Jahre 1998, 2002 und 2005. Besonders trockene Jahre waren 1997, 2003 und 2006. Hervorzuheben sind der extrem trockene Sommer 2003 mit nur 232,9 mm (Station Dippoldiswalde) und der extrem nasse Sommer 2002 mit 611,8 mm (Station Dippoldiswalde). Die Jahre 1999 und 2008 sind hinsichtlich der

Niederschlagsverhältnisse im Sommer- wie im Winterhalbjahr, als durchschnittliche Jahre zu bezeichnen.

Die Jahresmitteltemperaturen (1997-2008) der beiden Stationen sind fast gleich und liegen bei 7,6°C (Dippoldiswalde) beziehungsweise bei 7,7°C (Wildacker). Die Mitteltemperatur der Station Dippoldiswalde liegt im Winterhalbjahr bei 3,1°C und im Sommerhalbjahr bei 14,4°C (Abbildung 18). Bei den Temperaturen fallen besonders der heiße Sommer und der kalte Winter der Jahres 2003 und die warmen Winter in den Jahren 1998, 2000, 2001 und 2007 auf.

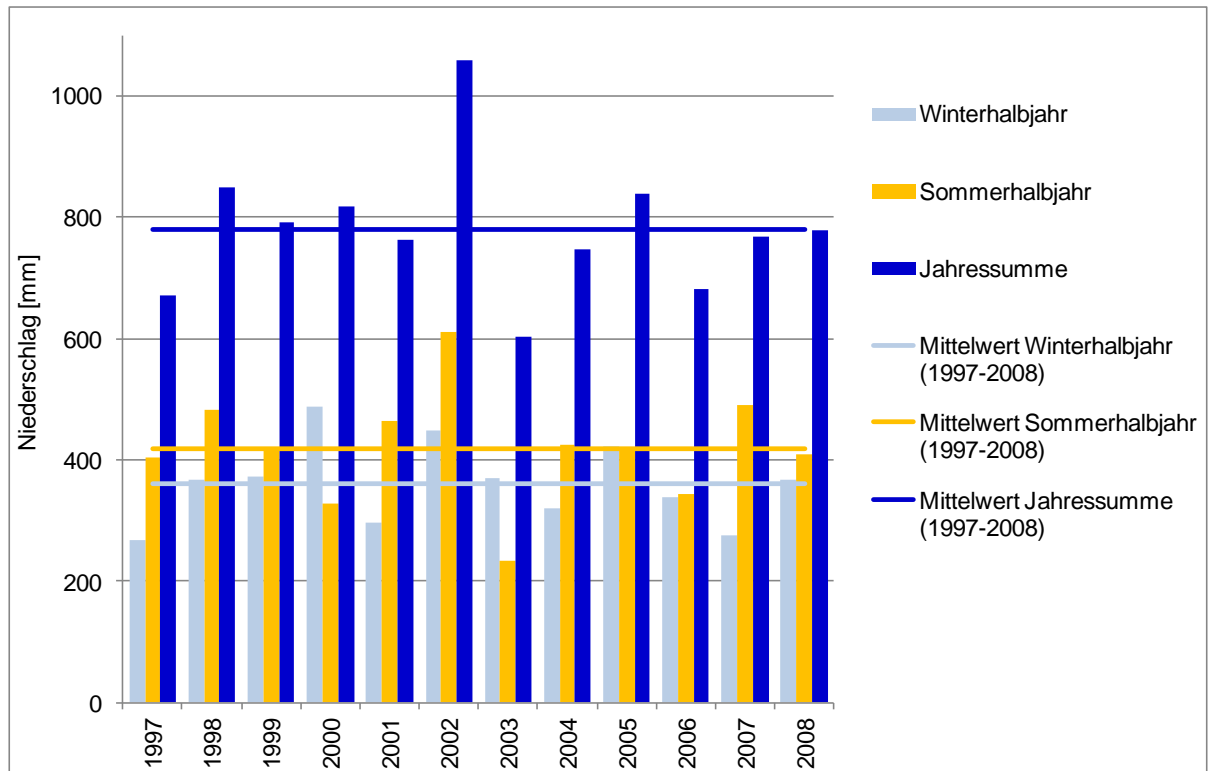


Abbildung 17: Niederschlagsverhältnisse der Station Dippoldiswalde (1997-2008) (Daten LfULG Sachsen)

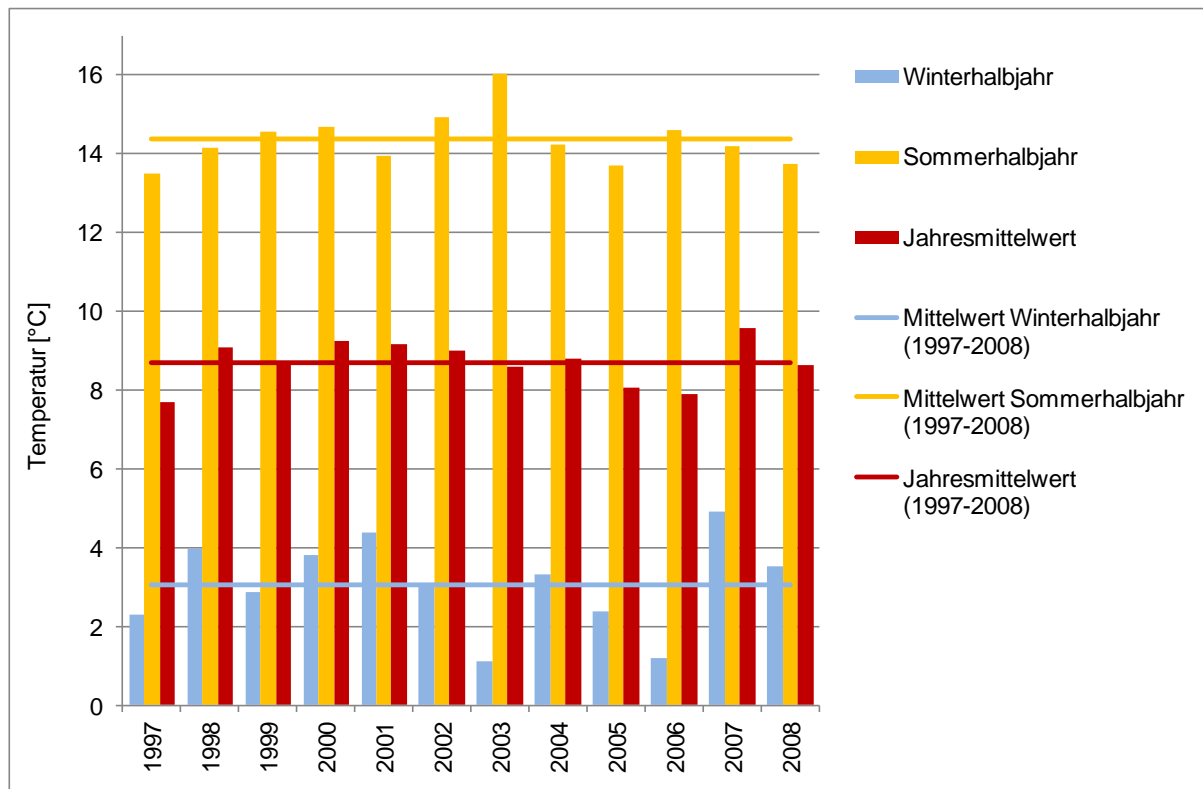


Abbildung 18: Temperaturen der Station Dippoldiswalde (1997-2008) (Daten LfULG Sachsen)

## 4.7 Besiedelungsgeschichte und potentiell natürliche Vegetation des Gebietes

### 4.7.1 Besiedelungsgeschichte

Ursprünglich überzog der Wald (Miriquidi) das Erzgebirge mit einer geschlossenen Vegetationsdecke. Nur an steilen Felsabstürzen und an Moor- und Sumpfstellen bildeten sich lokal begrenzte natürliche Waldlichtungen (DEUTSCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN 1985, RÖDER et al. 2008, HEMPEL 2009).

Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb der großen Altsiedelflächen der Elbtalwanne und der sich westlich anschließenden fruchtbaren Lößregionen. Somit blieb der Bergmischwald des Osterzgebirges bis in das 12. und 13. Jahrhundert großflächig erhalten. Die aus der quartären Landschaftsgenese resultierenden Relief- und Substratmerkmale sowie die klimatischen Bedingungen schränkten das Potential für eine landwirtschaftliche Nutzung im Vergleich zu den typischen Agrarräumen (z. B. Lößhügelländer) erheblich ein (KAULFUß 1997). Mit Einsetzen der bäuerlichen Kolonisation im Bergland und einhergehend mit der steigenden Bedeutung des Erzbergbaus im Osterzgebirge vor etwa 800 Jahren änderte sich das Landschaftsbild grundlegend (HEMPEL 2009). Dabei spielte auch die Landwirtschaft eine zunehmend wichtigere Rolle bei der Landschaftsentwicklung. Die Siedlungen wurden

vorwiegend als Waldhufendörfer mit Drei- und Vierseithöfen entlang des Flusslaufes im Zuge großer Rodungen angelegt. Die heute noch vorhandenen Lesesteinwälle und Rainstufen bezeugen die starke Parzellierung der klein- und mittelbäuerlichen Besitze, wobei Generationen von Bauern mit den von den Äckern abgelesenen Steinen langgestreckte Steinrücken entlang von Feldwegen und Grenzrainen geschaffen haben.

Neben dem Feldbau (Hafer, Roggen, Flachs) wurde, insbesondere in den oberen Lagen mit verkürzter Vegetationsperiode, die Grünlandwirtschaft mit Rinderbeweidung betrieben. Der größte Teil der Erträge diente zur Versorgung der Residenzstadt Dresden.

Neue Siedlungsimpulse ausgehend vom Erzbergbau resultierten in einer Besiedlung der für die landwirtschaftliche Nutzung ungünstigen Standorte, wie zum Beispiel im Raum Altenberg im 15. Jahrhundert. In diesen Regionen spielte die Landwirtschaft eine untergeordnete Rolle als Nebenerwerb oder zur Selbstversorgung.

Die spärliche Besiedlung, das Fehlen größerer Städte, die geringe Verkehrserschließung und ein niedriges Arbeitskräftepotential verhinderten eine in großem Maße einsetzende Industrialisierung, weshalb sich nur einige kleinere Industriestandorte entwickeln konnten (MANNSFELD & RICHTER 1995). Große Rodungsphasen zur Anlage von Siedlungen und zur Holzgewinnung für den Erzbergbau sowie die Umwandlung in schnell wachsende monostrukturierte Fichtenforste führten seit dem 19. Jahrhundert zum fast vollständigen Verlust des ursprünglichen Bergmischwaldes.

Das kleinparzellierte Flächennutzungsbild passt sich eng an die natürlichen Gegebenheiten des Osterzgebirges an und wurde überwiegend durch das Reliefsubstrat und die Bodenwassermerkmale bestimmt (KAULFUß 1997). Jahrhunderte lang entwickelte traditionelle Bewirtschaftungsweisen abgestimmt auf Klima, Relief und Boden spiegeln sich in der heutigen Anbaustruktur, Fruchtfolge und Tierzucht nur teilweise wieder. Die über Jahrhunderte entwickelte Struktur der landwirtschaftlichen Flächennutzung im Erzgebirge erfuhr radikale Veränderungen im Zuge der Umsetzung sozialistischer Prinzipien und durch den erheblichen Fortschritt in der Technik, Züchtung und dem Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln von 1945 bis 1989. Nach 1989 kam es im Zuge des Zusammenschlusses der beiden deutschen Staaten zu einem weiteren tiefgreifenden Strukturumbruch (vgl. BIANCHIN 2003).

#### 4.7.2 Potentiell natürliche Vegetation

Die potentiell natürliche Vegetation (PNV) „würde unsere Kulturlandschaft bedecken, wenn man den aktuellen menschlichen Einfluss durch Land- und Forstwirtschaft, Verkehr, Industrie gedanklich ausschaltet und sie anstelle der heutigen, nutzungsbedingten Sekundärvegetation schlagartig einsetzt, ohne eine langwierige Entwicklung (Sukzession)“ (BASTIAN & SCHREIBER 1999). Die dominierende PNV im Untersuchungsgebiet wäre ein bodensaurer Buchen(misch)wald mit einzelnen Vorkommen von bodensauren Eichen-(misch)wäldern in den unteren und mittleren Lagen sowie Fichtenwäldern und Kiefern-Tannen-Fichtenwäldern in den oberen Lagen (Abbildung 19). Im Nordosten des Untersuchungsgebietes im Bereich des östlichen Erzgebirgsvorlandes würden hauptsächlich Linden-Hainbuchen-Traubeneichenwälder und komplexe Übergänge zum bodensauren Buchen(misch)wald vorkommen.

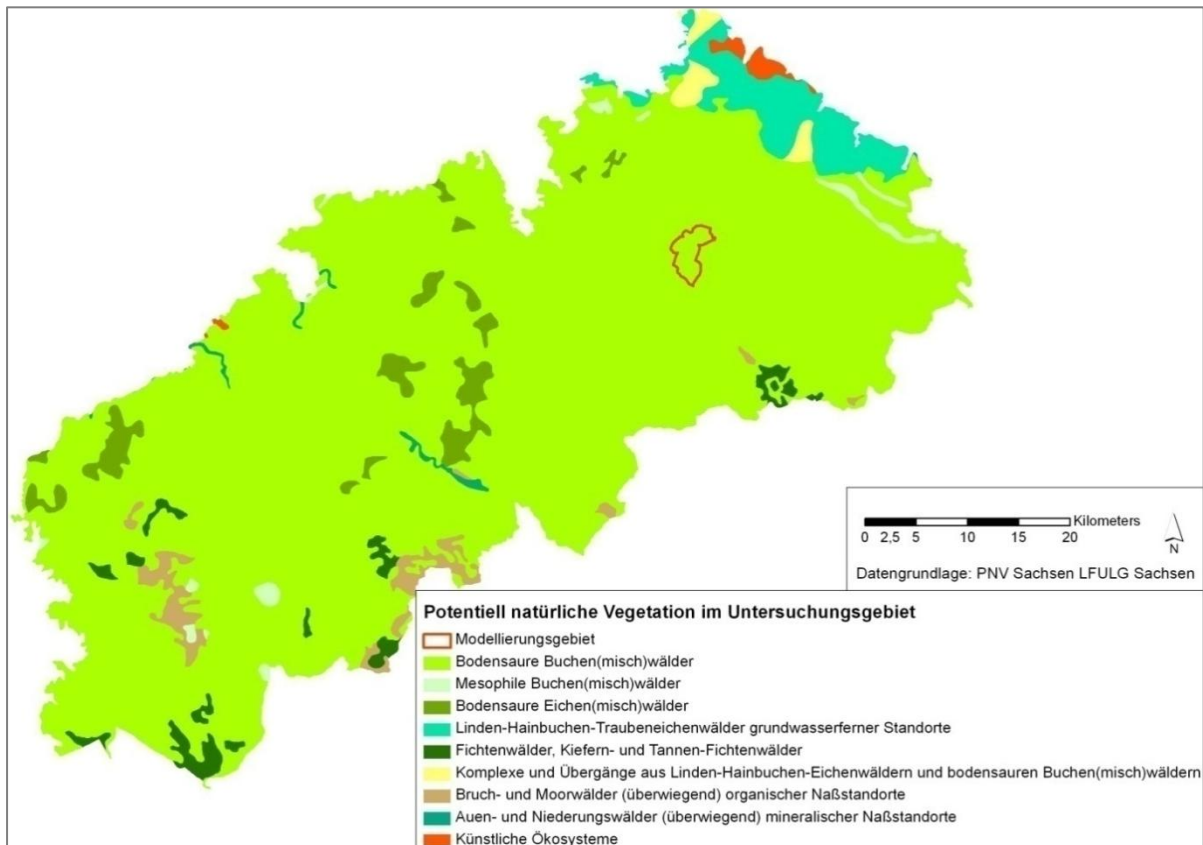


Abbildung 19: Überblick über die potentiell natürliche Vegetation im Untersuchungsgebiet (PNV 300)

Die potentiell natürliche Vegetation im Modellierungsgebiet ist dominiert von submontanen Eichen-Buchenwäldern und einzelnen Bereichen mit Waldmeister-Buchenwäldern, Zittergrasseggen-Eichen-Buchenwäldern und typischen Hainmieren-Schwarzerlen-Bachwäldern (Abbildung 20).



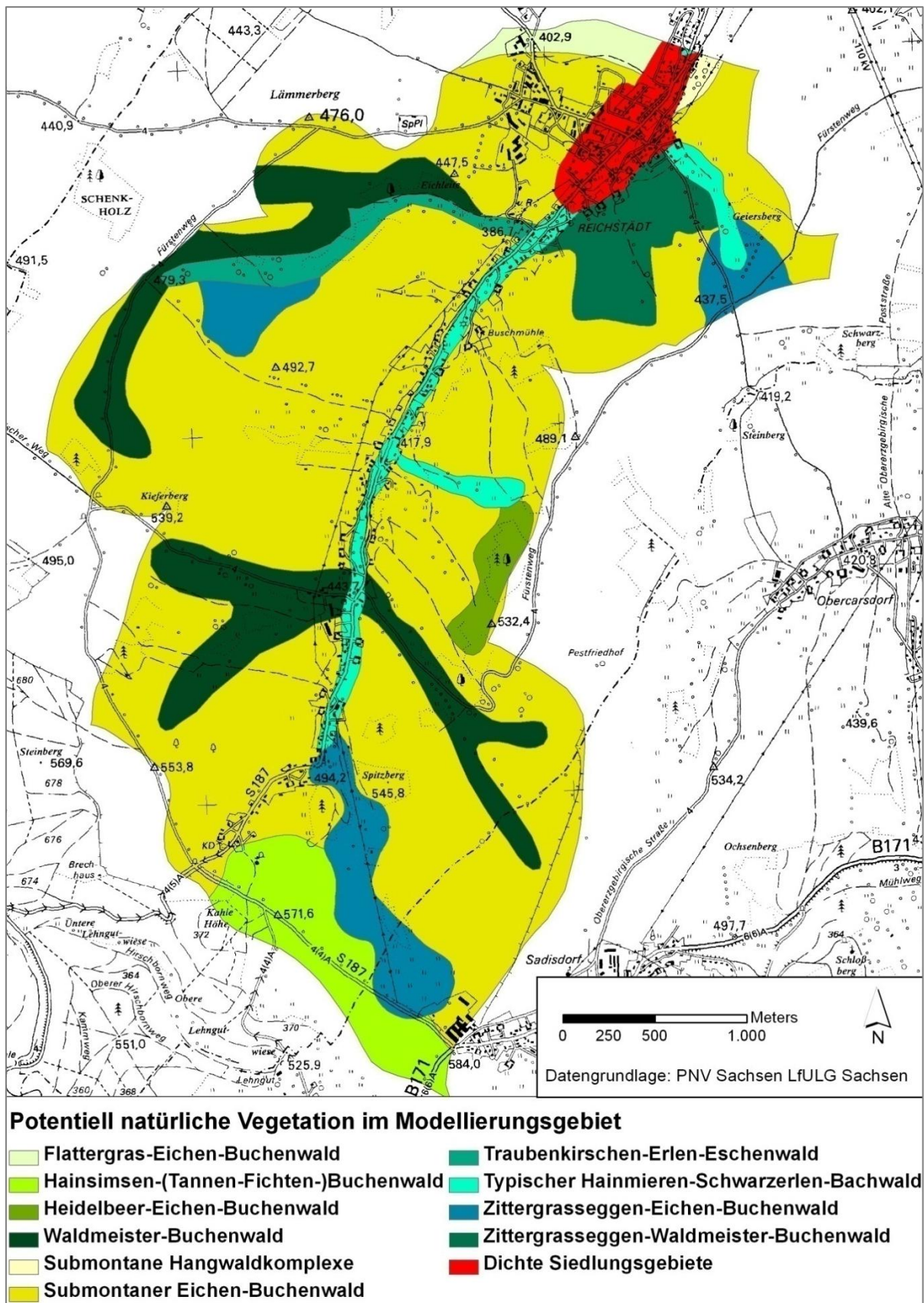


Abbildung 20: Potentiell natürliche Vegetation im Modellierungsgebiet (PNV 50)

## 4.8 Aktuelle Landnutzung

### 4.8.1 Untersuchungsgebiet

Die Landnutzung im Untersuchungsgebiet ist dominiert von Ackerland (27,5 %), Nadelforsten (35,2 %) und Grünland (24,4 %) (Abbildung 21).

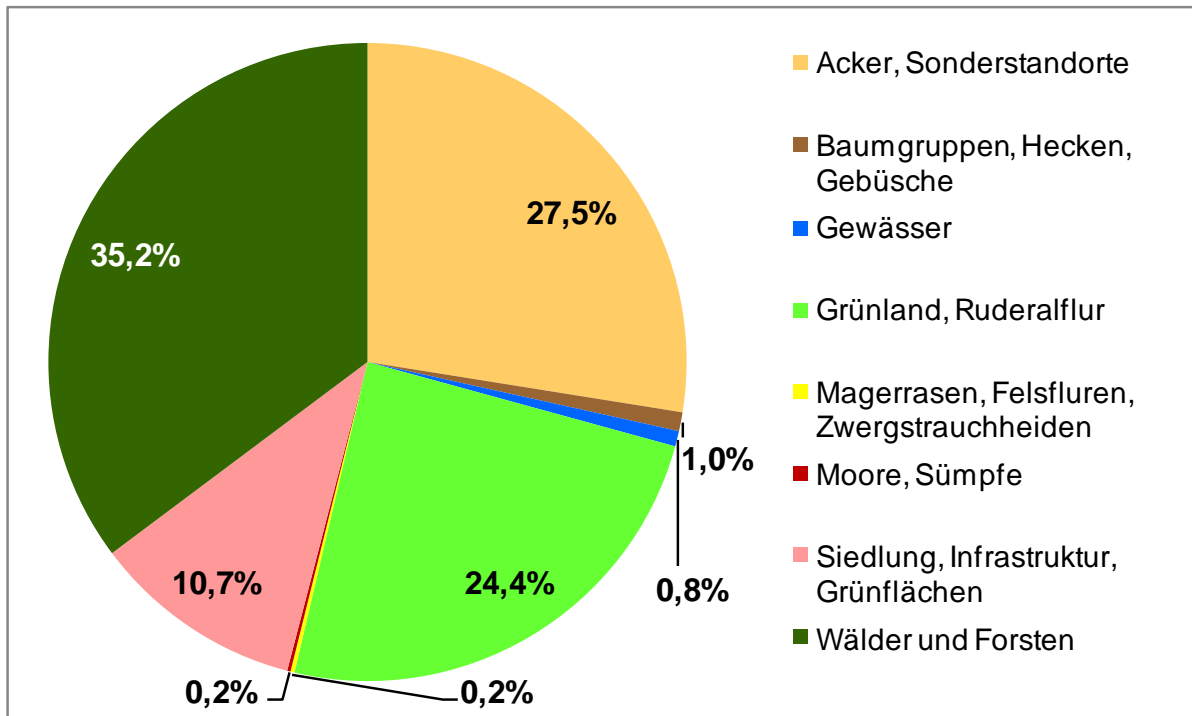


Abbildung 21: Verteilung der aktuellen Landnutzung im Untersuchungsgebiet (Datengrundlage BTLNK Sachsen 2005, LfULG Sachsen)

Das Westerzgebirge wird auch in den mittleren Lagen noch von verhältnismäßig großen Forstflächen bedeckt, während im Osterzgebirge die agrarische Nutzung bedeutende Teile der oberen Lagen erschlossen hat (RÖDER et al. 2008). Mit zunehmender Höhe gewinnt das Grünland gegenüber dem Ackerland an Bedeutung (Abbildung 22).

Im Erzgebirge herrschen Grenzertragsstandorte vor. Diese beinhalten all jene Flächen, deren landwirtschaftliche Nutzung ein Einkommen hervorbringt, das die Kosten für die dabei eingesetzten Faktoren nicht abzudecken vermag beziehungsweise bei gleichbleibender Entwicklung von Produktivität und Preisen in den nächsten Jahren nicht mehr abdecken wird (HAARBECK 1996). Aus naturschutzfachlicher und landschaftsökologischer Sicht ist jedoch auch in den ungünstigeren, ertragsschwächeren Regionen der mittleren und oberen Lagen eine landwirtschaftliche Bewirtschaftung zur Erhaltung der Kulturlandschaft anzustreben. Dabei sollte vor allem dem Erhalt von Grünland (z. B. artenreiche Bergwiesen) und Kleinstrukturen



(z. B. Hecken, Gehölzinseln, Vernässungsstellen, Lesesteinrücken) eine besondere Beachtung geschenkt werden.

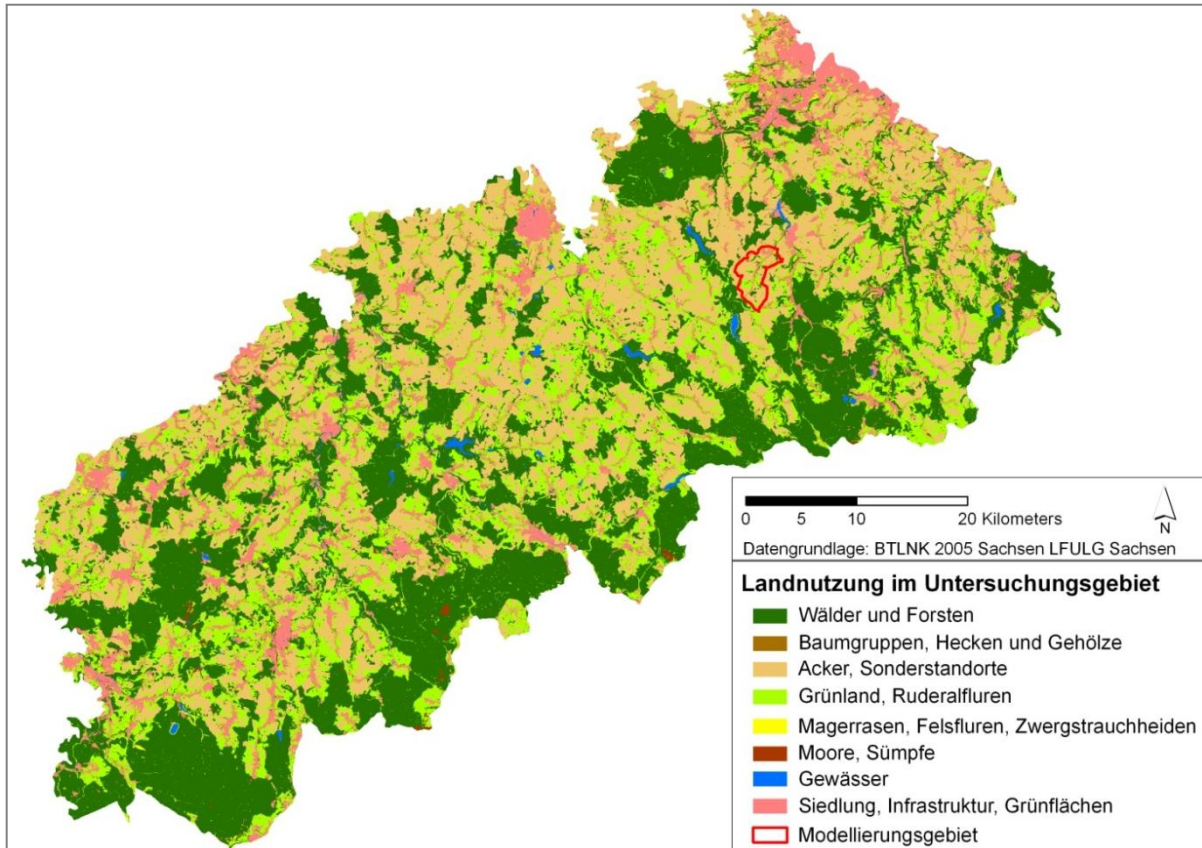


Abbildung 22: Übersicht über der aktuellen Landnutzung im Untersuchungsgebiet

#### 4.8.2 Modellierungsgebiet

Die dominierende Landnutzung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach ist Ackerland (65,0 %); Grünland (16,7 %) und Wälder und Forsten (8,5 %) nehmen nur einen geringen Anteil ein (Abbildung 23). Diese Landnutzung ist typisch für die mittleren Lagen des Osterzgebirges (RÖDER et al. 2008).

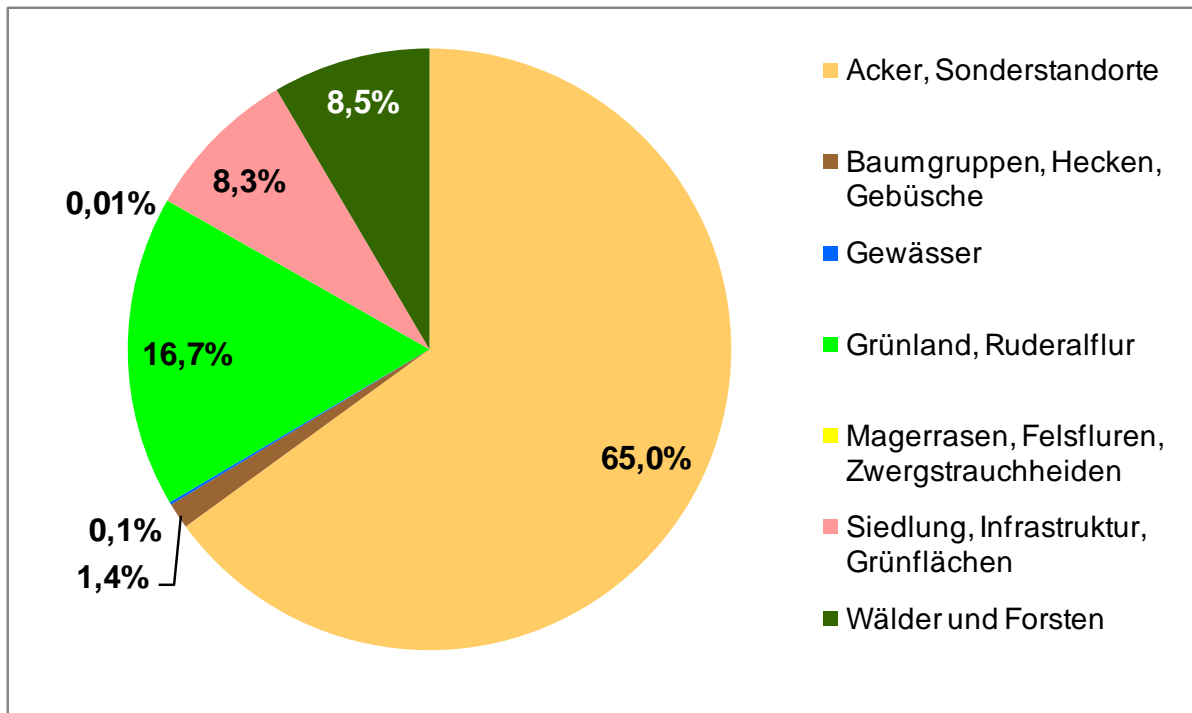


Abbildung 23: Verteilung der aktuellen Landnutzung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach (Datengrundlage BTLNK Sachsen 2005, LfULG Sachsen)

Bei den Grünländern handelt es sich größtenteils um intensiv genutztes Wirtschaftgrünland, welches sich vor allem entlang der Siedlungsflächen erstreckt (Abbildung 24). Die Ackerflächen bilden große homogene Strukturen, die nur selten von einzelnen kleinen Feldgehölzen oder Heckenstrukturen unterbrochen werden. Entlang des Flusslaufes des Reichstädter Baches erstreckt sich der Siedlungsbereich der Ortschaft Reichstädt.

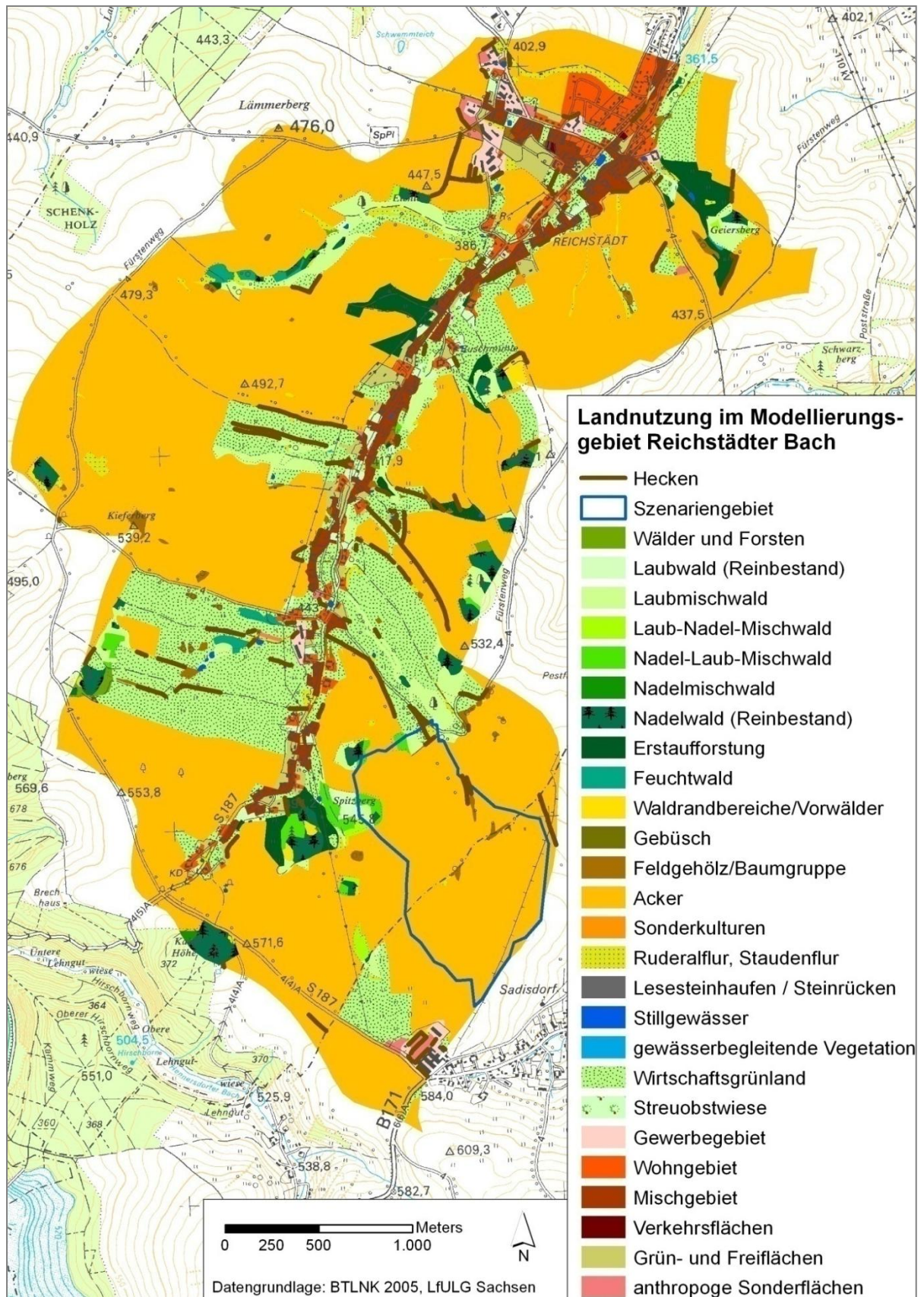


Abbildung 24: Überblick über die aktuelle Landnutzung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach und im Szenariengebiet



### 4.8.3 Szenariengebiet

Die Landnutzung im Szenariengebiet ist fast ausschließlich Ackerland (knapp 95 %), verschiedene Waldtypen nehmen nur 3,5 % der Fläche ein (Abbildung 24 und Abbildung 25).

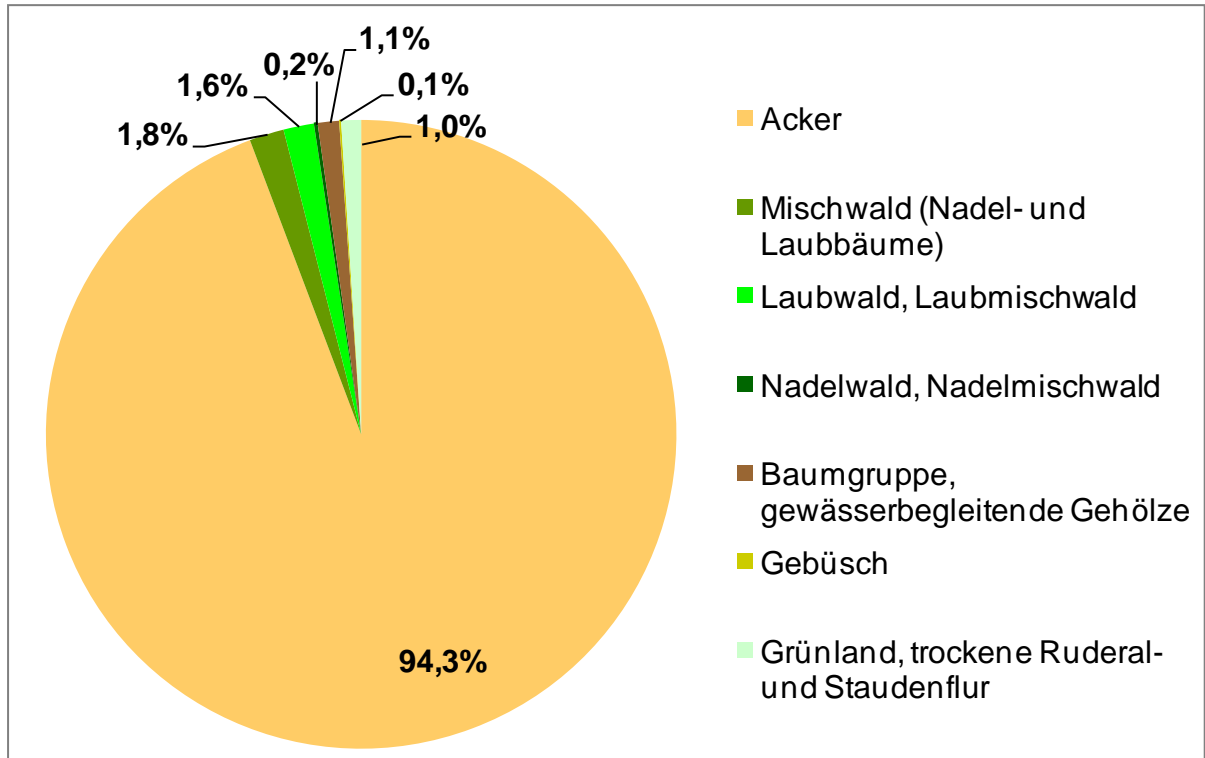


Abbildung 25: Verteilung der aktuellen Landnutzung im Szenariengebiet (Datengrundlage BTLNK Sachsen 2005, LfULG Sachsen)

## **5 Entwicklung und Verbreitung von Hecken im Erzgebirge**

### **5.1 Heckengeschichte und Verbreitung im Erzgebirge**

Die Darstellung der Entwicklung der Heckensituation im Erzgebirge wird in dieser Arbeit in folgende drei Zeitschritte unterteilt: bis 1945, 1945 bis 1990 und 1990 bis heute. Dabei ist zu beachten, dass sich die Entwicklungen teilweise lokal deutlich unterscheiden können.

#### **Bis 1945**

Die Heckenentwicklung im Erzgebirge ist eng mit der Siedlungsgeschichte des Gebietes verbunden (vgl. Kapitel 4.7.1 „Besiedlungsgeschichte“).

Auf den durch die spezielle Landnutzung geschaffenen Lesesteinwällen hat sich spontan Pflanzenwuchs eingestellt (MÜLLER 1998). Diese im wesentlichen vollständig spontane natürliche Gehölzartenzusammensetzung der im Gebiet vorherrschenden Flurgehölze auf Lesesteinwällen der Waldhufendorffluren entspricht den jeweiligen Standortbedingungen. Ihr gesamtes Wachstum, ihre variierende Artenvergesellschaftung und Höhenentwicklung spiegeln daher die naturräumliche Ordnung der Kulturlandschaft wieder. Dem Lokalklima entsprechend unterscheiden sich die Artenzusammensetzungen bezüglich ihrer Höhenlage, der Reliefposition und der Starkwindexposition (THOMAS 2009).

Die Heckenstreifen zeichnen deutlich die Flureinteilung nach, die größtenteils durch langgestreckte Waldhufen bestimmt ist (RICHTER 1960). Die erzgebirgischen Heckengebiete sind im Einzelnen sehr stark differenziert, je nach Bedingungen, die die Bildung und Erhaltung der Lesesteinwälle verursacht. Bestimmend für die Erscheinungsformen sind, dass sich diese Strukturen oftmals inmitten der Flur befinden und eher unregelmäßig verteilt sind (REIF & ACHTZIGER 2000), wobei die lokale Verteilung verschieden sein kann. Gebiete mit einem für das Erzgebirge allgemein auffallend hohen Heckenbestand finden sich im östlichen Teil des Erzgebirgskreises besonders um den Pöhlberg, im Nordteil des Kreises Mittelsachsen und im Süden des Kreises Sächsische Schweiz-Osterzgebirge mit den Heckengebieten um Johnsbach / Falkenhain / Glashütte und den Geisingberg bei Altenberg (Abbildung 26 und Tabelle 3). Die Abbildung von MÜLLER (1998) konnte durch die Auswertungen der Hecken-situation 2005 mit Hilfe eines Geoinformationssystems (GIS) im Großen und Ganzen bestätigt werden.

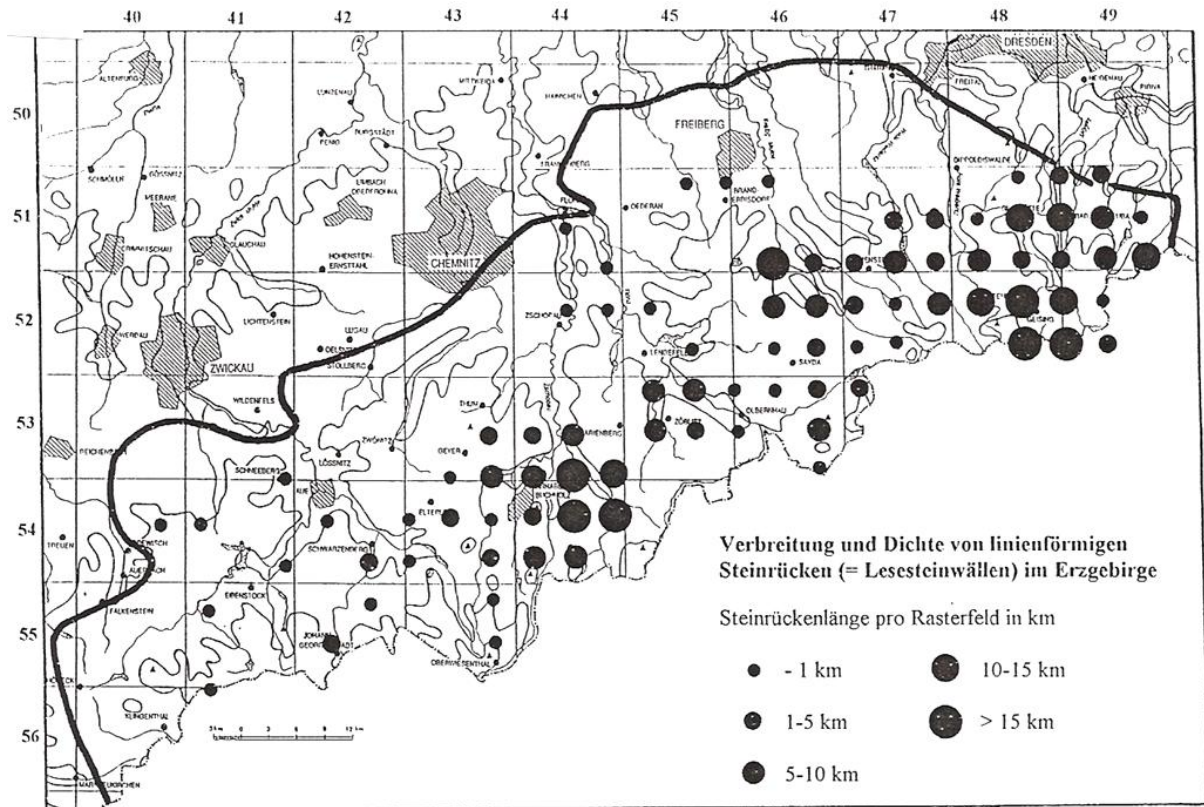


Abbildung 26: Verbreitung und Dichte linienförmiger Steinrücken im Erzgebirge (aus MÜLLER 1998)

An diese Gebiete schließen sich Gemarkungen mit geringem Heckenbestand an (Tabelle 3), stellenweise fehlen solche Strukturen in manchen Gemeinden völlig.

Tabelle 3: Ausgewählte Heckenverteilung im Erzgebirge auf Grundlage der Kartenaufnahme von 1908-1922 (verändert nach RICHTER 1960)

Gemeinde	Kreis (Stand 2008)	Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) in ha	Länge der Hecken in km	Hecke / LN in m / ha
Nassau	Mittelsachsen	1513	10.3	6.8
Forchheim	Mittelsachsen	715	8.6	12.0
Voigtsdorf	Mittelsachsen	1258	17.5	13.9
Dörnthal	Mittelsachsen	1123	22	19.6
Johnsbach	Sächsische Schweiz- Osterzgebirge	671	16.4	24.4
Börnersdorf	Sächsische Schweiz- Osterzgebirge	901	31.4	34.9
Schellerhau	Sächsische Schweiz- Osterzgebirge	289	12.5	43.3
Königswalde	Erzgebirgskreis	881	42.5	48.2

Die Häufungsgebiete spiegeln grob die Gesteinsverhältnisse wider. Sie überwiegen auf Flächen mit morphologisch widerstandsfähigeren Gesteinen, wie Rotgneise, Quarzglimmerschiefer, Glimmerschiefer, Granite, Basalte und Quarzporphyre. Auf Phylliten und Graugneisen des östlichen Erzgebirges scheint eine wesentliche Voraussetzung für die Bildung von Steinrücken und damit Hecken zu fehlen (RICHTER 1960).

Auch im Erzgebirge wurden bereits im 17. Jahrhundert Hecken planmäßig angelegt, der größte Teil entstand jedoch spontan unter anthropogenen Voraussetzungen (RICHTER 1960).

Im Allgemeinen gab es nur geringfügige Veränderungen im Heckennetz bis 1945. Einige Bauern nahmen zum Teil willkürliche Eingriffe vor und es zeigt sich bei der Analyse von historischen Karten, dass die Heckenstreifen 1945 weiter zum Dorf hin reichten als vor 1900 (RICHTER 1960).

Schon vor 1945 kam es zur planmäßigen Anlage von Windschutzhecken, wie zum Beispiel im Gebiet um Obercarsdorf (Einzugsgebiet der Roten Weißeritz) im Landkreis Sächsische Schweiz – Osterzgebirge. Diese Pflanzungen nahmen aber nur einen geringen Anteil ein.

### **1945 bis 1990**

Die Veränderung der seit dem Mittelalter existierenden vielfältigen Kulturlandschaft, die sich durch ein engmaschiges Netz von Hecken, Feldgehölzen und anderen naturnahen Raumstrukturen auszeichnet, ist Folge der Einführung moderner Landwirtschaftstechniken seit Anfang der Industrialisierung und verstärkt nach dem Zweiten Weltkrieg. Großflächiger Anbau weniger Nutzpflanzenarten setzte sich durch, Hecken und Feldgehölze wurden aufgegeben, um maschinengerechte Landschaften zu schaffen (MADER & MÜLLER 1984, VOIGTLÄNDER et al. 2001).

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts war die Agrarraumveränderung besonders durch eine wesentliche Vergrößerung der Felder bei gleichzeitiger Beseitigung von Flurelementen und Kleinstrukturen gekennzeichnet. In Sachsen bewirkte die Flurneuordnung eine Reduktion von Flurelementen von 1950 – 1987 um 60-80 % (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2000). Viele Hecken sind verschwunden, nachdem ihre ursprünglichen Nutzungsfunktionen wie Holzgewinnung, Einzäunung oder Abgrenzung mehr und mehr zurückgegangen sind. Gleichzeitig kam es aber auch zur Einstellung der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung auf Ungunststandorten und zur Aufforstung von Hangflächen und schwer erreichbaren Flächen (ROTH 1999). Dies führte zum Erhalt vieler Kleinstrukturen besonders in den mittleren und oberen Lagen des Untersuchungsgebietes. Viele Hecken

blieben mit der Begründung erhalten, dass sich der Arbeitsaufwand für ihre Beseitigung nicht lohne (RICHTER 1960). Eine massive Beseitigung von Heckenstrukturen im Zuge der industrialisierten Großflächenlandwirtschaft wie zum Beispiel in den ertragsreichen Lößgebieten fand im Erzgebirge nicht statt. Im heckenreichen Gebiet des Pöhlberges zeigt sich zum Beispiel, dass die Anzahl der Heckenstrukturen im Vergleich zu den Vorkriegsjahren nur in geringem Maße zurückgegangen ist. Meist wurden gehölzarme Raine und Säume entfernt, aber kaum ganze Steinrücken (NATURSCHUTZZENTRUM ANNABERG 1999).

Die allgemeine Tendenz dieser Entwicklungsperiode ist die Beseitigung von Hecken, trotzdem wurden auch einige neue Strukturen im Zuge von Pflanzungen zum Boden- und Windschutz angelegt. Die Pflanzungen waren teilweise baumreich, insbesondere schnellwüchsige Arten wie Schwarzerle und Pappeln waren beliebt (REIF & ACHTZIGER 2000).

Seit den 1960er Jahren sind im Osterzgebirge verschiedentlich neue Flurgehölzpflanzungen angelegt worden, meist entlang von Straßen und landwirtschaftlichen Wirtschaftswegen und meist mit dem Ziel, Windschutz zu bieten. Sie sind oft gänzlich anderer Natur als die spontanen Flurgehölze auf Lesesteinwällen. Oft enthalten sie mehr oder weniger viele nichteinheimische beziehungsweise gebietsfremde Gehölzarten (Tabelle 4) (THOMAS 2009).

Tabelle 4: Nichteinheimische Gehölzarten erfasst im Gebiet um Lauenstein in seit 1960 neu gepflanzten Heckenstrukturen (THOMAS 2009)

Arten	Natürliches Verbreitungsgebiet
Scheinindigo ( <i>Amorpha fruticosa</i> )	N Nord-Amerika
Eschen-Ahorn ( <i>Acer negundo</i> )	Nord-Amerika
Nordamerikanischer Weißer Hartriegel ( <i>Cornus stolonifera</i> )	Nord-Amerika
Gewöhnliche Schneebeere ( <i>Symphoricarpos albus</i> )	Nord-Amerika
Schneeballblättrige Blasenspiere ( <i>Physocarpus opulifolius</i> )	Nord-Amerika
Silber-Ahorn ( <i>Acer saccharinum</i> )	östliches Nord-Amerika
Rot-Eiche ( <i>Quercus rubra</i> )	östliches Nord-Amerika
Gewöhnliche Rosskastanie ( <i>Aesculus hippocastanum</i> )	Balkanhalbinsel
Kirsch-Pflaume ( <i>Prunus cerasifera</i> )	Balkanhalbinsel, Mittelasien
Europäische Lärche ( <i>Larix decidua</i> )	alpisch-sudetisch-karpatisch
Tataren-Heckenkirsche ( <i>Lonicera tatarica</i> )	Russland, West-Sibirien, Mittelasien
Gewöhnlicher Erbsenstrauch ( <i>Caragana arborescens</i> )	südliches Sibirien
Apfel-Hybride ( <i>Malus x robusta</i> )	Ost-Asien
Kleinblütige Rose ( <i>Rosa multiflora</i> )	Ost-Asien
Vielblütiger Apfel ( <i>Malus floribunda</i> )	Japan



Bei vielen Hecken, vor allem auf den Lesesteinwällen im Erzgebirge wurde die traditionelle Bewirtschaftung in den letzten Jahrzehnten oft eingestellt, so dass solche Gehölze zu Baumreihen „durchgewachsen“ sind (MÜLLER 1998, WEBER 2003). Nach über 50 Jahren Nutzungsaufgabe dominieren Bäume wie Eberesche, Bergahorn, Esche und Vogelkirsche (NATURSCHUTZZENTRUM ANNABERG 1999). Es entwickelte sich ein Niederwaldstadium, das zwar durchaus floristisch und faunistisch reichhaltig sein kann, aber nicht mehr die spezifischen ökologischen Heckeneigenschaften aufweist (ZWÖLFER et al. 1984).

### **1990 bis heute**

In den letzten Jahrzehnten hat die Wertschätzung der Hecken deutlich zugenommen und es kam zu einer vermehrten Neupflanzung im Zuge von Erosionsschutz-, Biotopverbund- und Ausgleichsmaßnahmen. Besonders die seit 1990 neu gegründeten Landschaftspflegeverbände leisteten dabei einen entscheidenden Beitrag.

Diese Entwicklungsphase ist also im Gegensatz zur vorherigen nicht durch die Beseitigung von Kleinstrukturen, sondern durch deren Neuanlage gekennzeichnet. Dabei wurden und werden einheimische Arten bevorzugt, um landschaftstypische Heckenstrukturen anzulegen.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Pflege, Entwicklung und der Erhalt der Hecken und Steinrücken, das bedeutet, dass „durchgewachsene“ Hecken wieder auf Stock gesetzt wurden und werden. Trotzdem muss davon ausgegangen werden, dass sicherlich auch neuerdings noch Heckenverluste und Funktionseinschränkungen durch unsachgemäße oder fehlende Heckenpflege zu verzeichnen sind (Informationen des Landschaftspflegeverbandes Osterzgebirge / Sächsische Schweiz).

## **5.2 Bestandsanalyse der Hecken im Untersuchungsgebiet und Modellierungsgebiet Reichstädter Bach**

### **5.2.1 Methodik und Datengrundlage**

Datengrundlage für die Auswertung der Bestandsanalyse der Heckensituation im Untersuchungsgebiet war die ColorInfraRot (CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung 2005 (Vektordaten der digitalisierten Biotop- und Landnutzungstypen (BTLNK)). Die Daten sind an die CIR-Orthobilder aus der Befliegung von 2005 angepasst. Dabei sind die Hecken als lineare Objekte in 3 Kategorien erfasst – Feldhecken, Steinrückenhecken und sonstige Hecken. Da es sich um Linienobjekte handelt, kann nur eine Analyse der Länge aber nicht der Breite erfolgen. Teilweise sind noch Angaben zum Zustand der Heckenstruktur – durchgewachsen, lückig, der Ausprägung - doppelt/mehrreihig - und der Lage – an der Straße,

an Bahnanlage oder Wirtschaftsweg - im Datensatz enthalten. Allerdings sind diese Angaben für eine Auswertung nicht verwendbar, da sie nicht für alle Hecken in gleichbleibender Qualität erfasst wurden.

Die Analyse und Auswertung erfolgte mit Hilfe von ArcGIS 9.2, Erdas Imagine (Zuordnung der Höhenlage und Höhenlagenbereiche) und die Analyse des nächsten Nachbar Index mit der Erweiterung vLATE 1.1 (Vector-based Landscape Analysis Tools Extension) (LANG & TIEDE 2003).

Die Analyse beinhaltet 6 Schwerpunkte – Durchschnittswerte von Heckenparametern, Heckenlänge, Heckendichte, Höhenlage und Höhenunterschied, Abstand zur nächsten Heckenstruktur sowie die angrenzende Nutzung. Die Analyse wurde jeweils für das Gesamtuntersuchungsgebiet (Makrogeochoren) und das Modellierungsgebiet des Reichstädter Baches durchgeführt.

### 5.2.2 Allgemeine Durchschnittswerte

#### **Untersuchungsgebiet**

Betrachtet man die Naturraumeinheiten anhand der ausgewählten Makrogeochoren (Östliches Erzgebirgsvorland, Osterzgebirge, Mittleres Erzgebirge), so zeigten sich deutliche Unterschiede in den Heckenparametern (Tabelle 5). Besonders das östliche Erzgebirgsvorland unterscheidet sich deutlich vom Ost- und Mittleren Erzgebirge. Die höchste Anzahl an Hecken kommt dabei mit 10 802 im Osterzgebirge vor. Bezieht man aber die Gebietsgröße mit ein, so unterscheiden sich die Naturraumeinheiten in Bezug auf die Anzahl an Hecken pro km<sup>2</sup> nicht wesentlich. Das östliche Erzgebirgsvorland weist sogar mit 3,2 Hecken pro km<sup>2</sup> die höchste Anzahl an Feldhecken auf. Feldhecken sind die dominierende Heckenart sowohl nach Anzahl (860) als auch in der Gesamtlänge (93,2 km) im östlichen Erzgebirgsvorland. Im Ost- und Mittleren Erzgebirge sind es nach der Anzahl die sonstigen Hecken (3893 und 3630) und bezüglich der Gesamtlänge jeweils die Steinrückenhecken mit 388 km bzw. 409 km Länge. Die Heckenlänge pro Fläche aller Heckentypen (zwischen 6,0 m/ha und 6,7 m/ha) unterscheidet sich wiederum kaum zwischen den Naturraumeinheiten.

Die durchschnittliche Heckenlänge ist bei den sonstigen Hecken mit 70,1 m im Osterzgebirge am geringsten und bei den Steinrückenhecken im östlichen Erzgebirgsvorland (146 m) und im Mittleren Erzgebirge (137 m) am höchsten. Die Steinrückenhecken nehmen auch mit insgesamt 805,8 km Gesamtlänge im Untersuchungsgebiet den größten Anteil ein (Tabelle 5).

Tabelle 5: Durchschnittswerte (Mittelwert) für alle Heckentypen nach Anzahl, Heckendichte, Gesamtlänge, Heckenlänge pro Fläche und durchschnittliche Länge für die drei Makrogeochoren, das Gesamtgebiet und das Modellierungsgebiet Reichstädter Bach (eigene Analyse)

	<b>Östliches Erzgebirgs- vorland</b>	<b>Ost- erzgebirge</b>	<b>Mittleres Erzgebirge</b>	<b>Unter- suchungs- gebiet</b>	<b>EZG Reichstädter Bach</b>
Flächengröße in km <sup>2</sup>	269,6	1494,6	1383,3	3147,5	12,71
<b>Anzahl (n) / Heckendichte (n/km<sup>2</sup>)</b>					
Feldhecken	860 / 3,2	3534 / 2,4	2901 / 2,1	7295 / 2,3	38 / 3,0
Steinrückenhecken	58 / 0,2	3375 / 2,3	2996 / 2,2	6429 / 2,0	10 / 0,8
sonstige Hecken	748 / 2,8	3893 / 2,6	3630 / 2,6	8271 / 2,6	48 / 3,8
Hecken gesamt	1666 / 6,2	10802 / 7,2	9527 / 6,9	21995 / 7,0	96 / 7,6
<b>Gesamtlänge (km) / Heckenlänge (m/ha)</b>					
Feldhecken	93,2 / 3,5	342,2 / 2,3	263,9 / 3,0	699,2 / 2,2	5,2 / 4,1
Steinrückenhecken	8,5 / 0,3	388,2 / 2,6	409,1 / 1,9	805,8 / 2,6	1,9 / 1,5
sonstige Hecken	58,9 / 2,2	272,9 / 1,8	260,3 / 1,9	592,1 / 1,9	3,6 / 2,9
Hecken gesamt	160,6 / 6,0	1003,3 / 6,7	933,3 / 6,7	2097,1 / 6,7	10,7 / 8,5
<b>Durchschnittliche Länge (m)</b>					
Feldhecken	108,3	96,8	91,0	95,9	137,7
Steinrückenhecken	146,1	115,0	136,6	125,3	188,2
sonstige Hecken	78,8	70,1	71,7	71,6	75,6
Hecken gesamt	96,4	92,9	98,0	95,3	111,9

### Modellierungsgebiet

Das Modellierungsgebiet Reichstädter Bach liegt im Bereich der Makrogeochore Osterzgebirge. Insgesamt kamen (Datengrundlage BTLNK 2005) in diesem Gebiet 96 Hecken vor, wobei die sonstigen Hecken (48) und die Feldhecken (38) den größten Anteil stellen.

Betrachtet man die Heckendichte, so ist das Gebiet im Vergleich zum Gesamtuntersuchungsgebiet überdurchschnittlich bezüglich des Vorkommens von sonstigen Hecken (3,8 Hecken pro km<sup>2</sup>) und Feldhecken (3,0 Hecken pro km<sup>2</sup>) und unterdurchschnittlich bei den Steinrückenhecken (0,8 Hecken pro km<sup>2</sup>). Im Vergleich mit den einzelnen Makrogeochoren und dem Untersuchungsgebiet sind die Hecken im Modellierungsgebiet überdurchschnittlich lang. Besonders die Steinrückenhecken bzw. Feldhecken sind mit durchschnittlich 188 m beziehungsweise mit knapp 138 m um fast 44 % beziehungsweise 50 % länger als im Untersuchungsgebiet.

### 5.2.3 Verteilung der Heckenlängen

Ökologisch relevant ist aber nicht allein die durchschnittliche Heckenlänge, sondern die Verteilung der Heckenlängen. Im Untersuchungsgebiet dominieren bei allen Heckentypen die Hecken mit einer Länge unter 100 m deutlich (Abbildung 27).

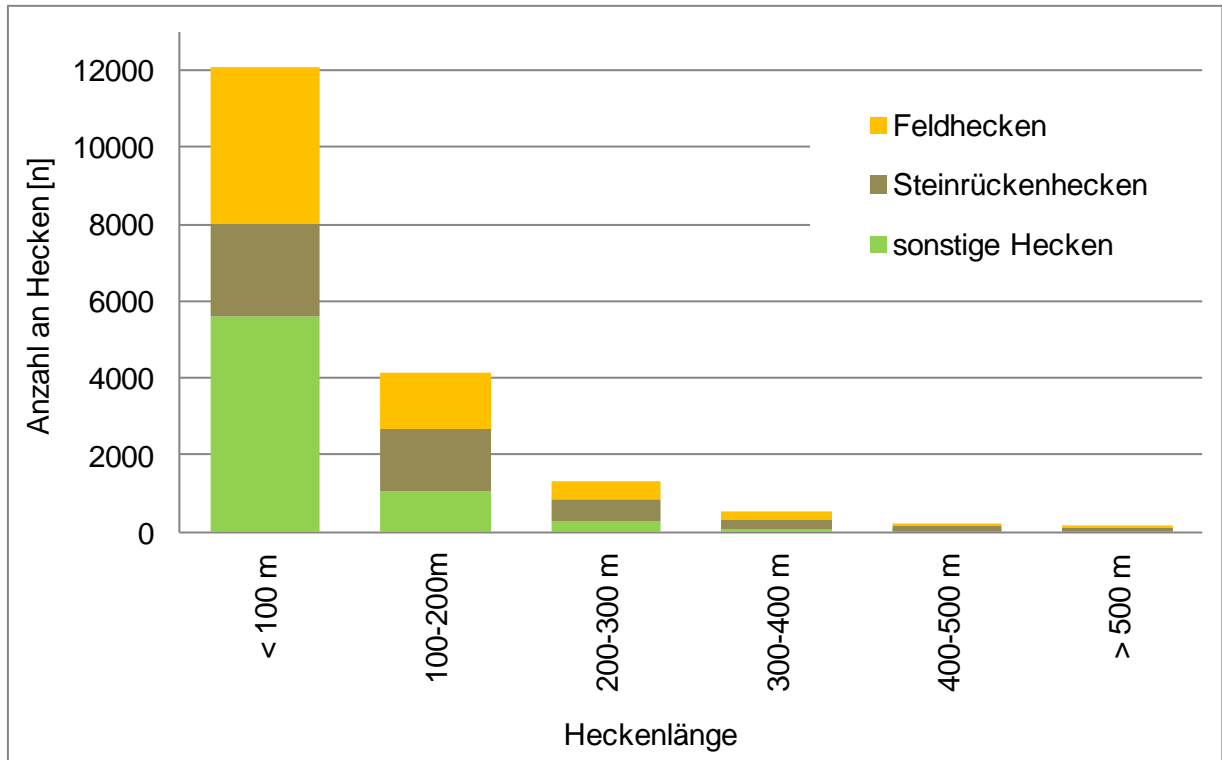


Abbildung 27: Häufigkeitsverteilung der Heckenlängen pro Heckentyp im Untersuchungsgebiet (eigene Analyse)

Es gibt nur sehr wenige Großhecken mit einer Länge von über 400 m. Der Anteil der Steinrückenhecken nimmt aber bei steigender Heckenlänge zu, was dazu führt, dass es sich ab 300 m Länge bei jeder zweiten Hecke um eine Steinrückenhecke handelt.

Im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach kommen wie im Gesamtuntersuchungsgebiet meist Hecken mit einer Länge unter 100 m vor (Abbildung 28). Hecken mit einer Länge über 1000 m konnten nicht festgestellt werden.

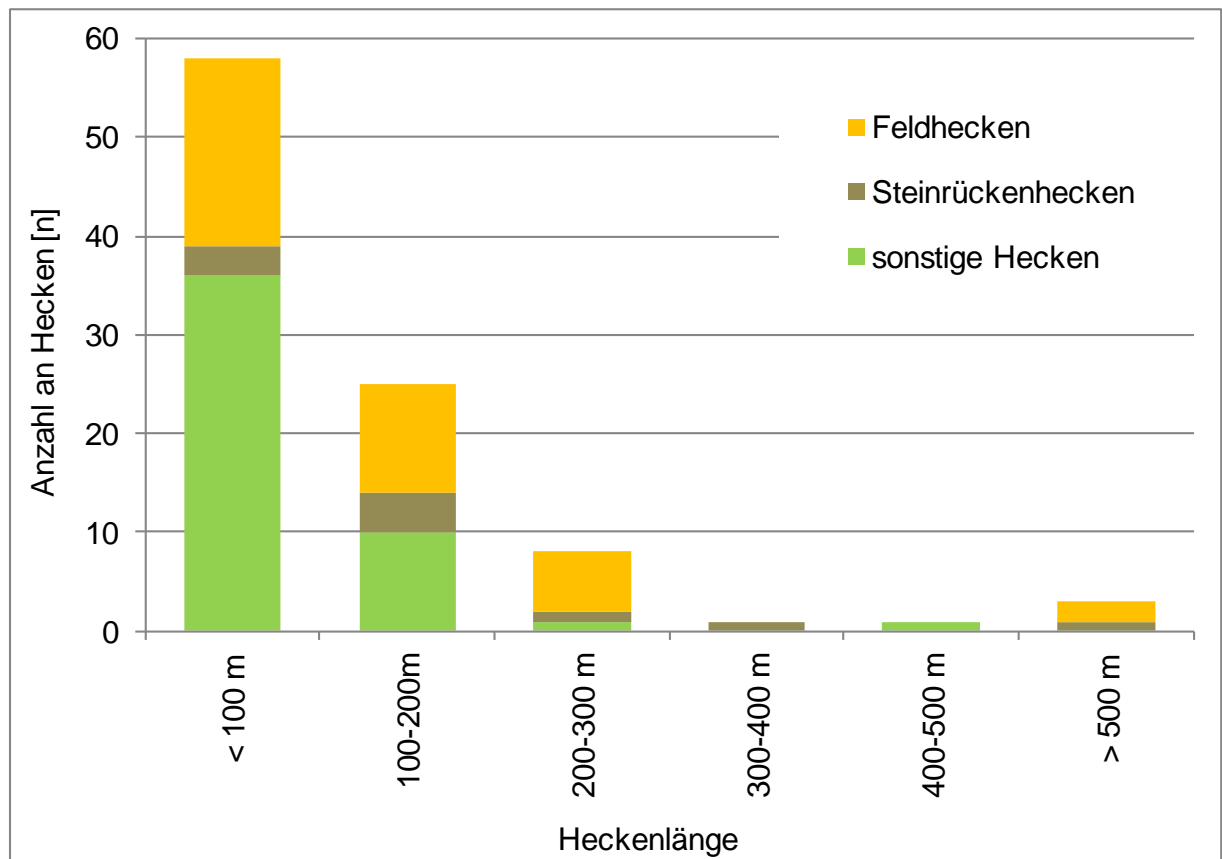


Abbildung 28: Häufigkeitsverteilung der Heckenlängen pro Heckentyp im Modellierungsgebiet (eigene Analyse)

#### 5.2.4 Heckendichte

Die Angaben zu den Heckenlängen pro ha sind als Durchschnittswerte sehr gering, da in vielen Teilen des Untersuchungsgebietes (fast 90 % der Gesamtfläche - 281138 ha) keine Heckenstrukturen vorkommen (Abbildung 27).

Mit Hilfe einer Rasteranalyse wurden die vorkommenden Hecken hinsichtlich ihrer Dichte im Untersuchungsgebiet detaillierter analysiert. Dazu wurde das Untersuchungsgebiet in 31.6016 große Raster von 100 x 100 m (1 ha) eingeteilt und mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen die Anzahl und die laufenden Heckenmeter für jede Rasterzelle berechnet.

Regional waren dabei sehr hohe Werte von Heckenlängen pro Hektar zu verzeichnen: besonders im Bereich um Annaberg-Buchholz und Marienberg mit bis zu 250 m/ha. Der höchste Wert von 353 m/ha liegt jedoch in der Nähe von Lauenstein im Osterzgebirge. Betrachtet man nur die Fläche (knapp 10 %), auf der Hecken vorkommen, dann zeigte sich, dass einige Gebiete durch eine hohe bis sehr hohe Dichte von Heckenstrukturen gekennzeichnet waren (Abbildung 29). Es konnten bei der Analyse nur sehr wenig

Einzelhecken ausgewiesen werden. Meistens konnte eine Agglomeration von Heckenstrukturen zu sogenannte Heckenkomplexen beobachtet werden, welche teilweise sehr hohe Dichten erreichten.

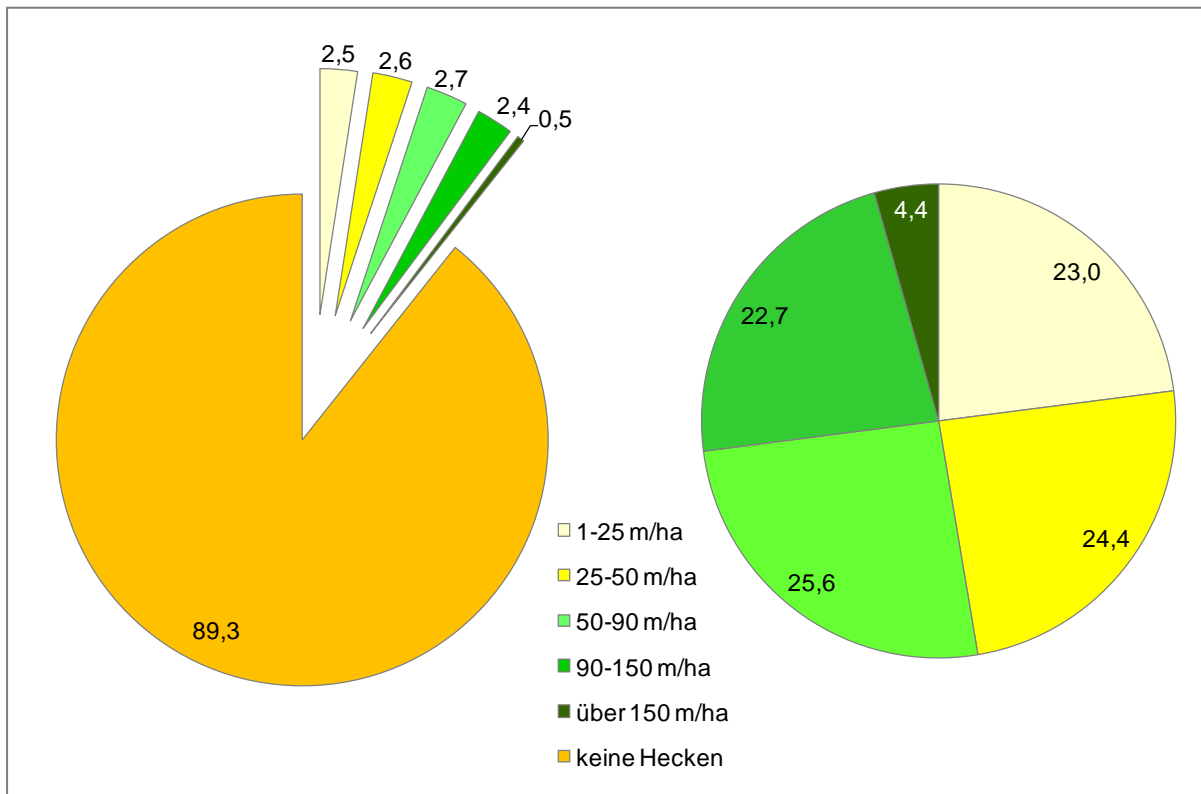


Abbildung 29: Prozentuale Verteilung der Heckendichte (m/ha) im Untersuchungsgebiet, Dichte Gesamtuntersuchungsgebiet (a) und nur bezogen auf Gebiete mit Heckenvorkommen (b) (eigene Analyse)

Betrachtet man die Verteilung der Heckendichten (m/ha) nach Naturräumen, so konnten kaum Unterschiede gefunden werden: In allen Naturräumen waren knapp 90 % der Fläche ohne Hecken und alle Dichtestufen kommen mit einem ähnlichen Anteil vor (Abbildung 30).

Die Dichteverteilung nach m/ha im Modellierungsgebiet ist der Verteilung im Gesamtuntersuchungsgebiet sehr ähnlich (Abbildung 31).

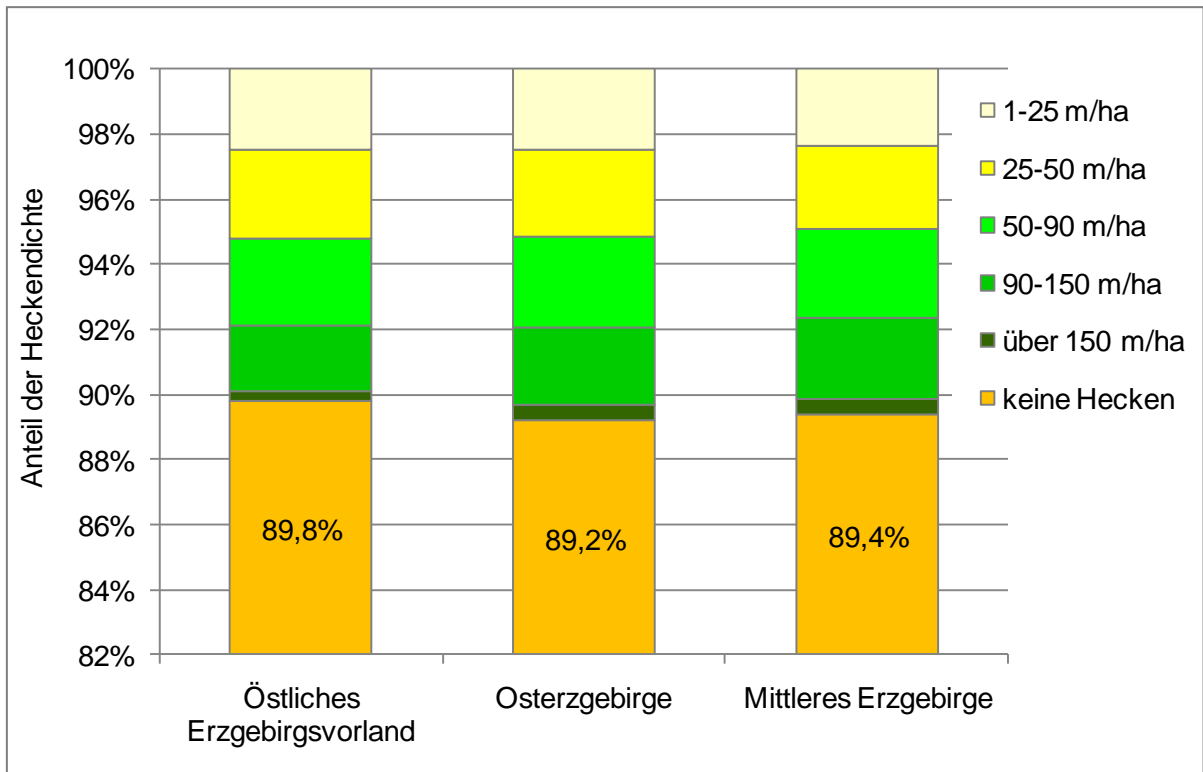


Abbildung 30: Prozentuale Verteilung der Heckendichte nach Makrogeochoren (eigene Analyse)

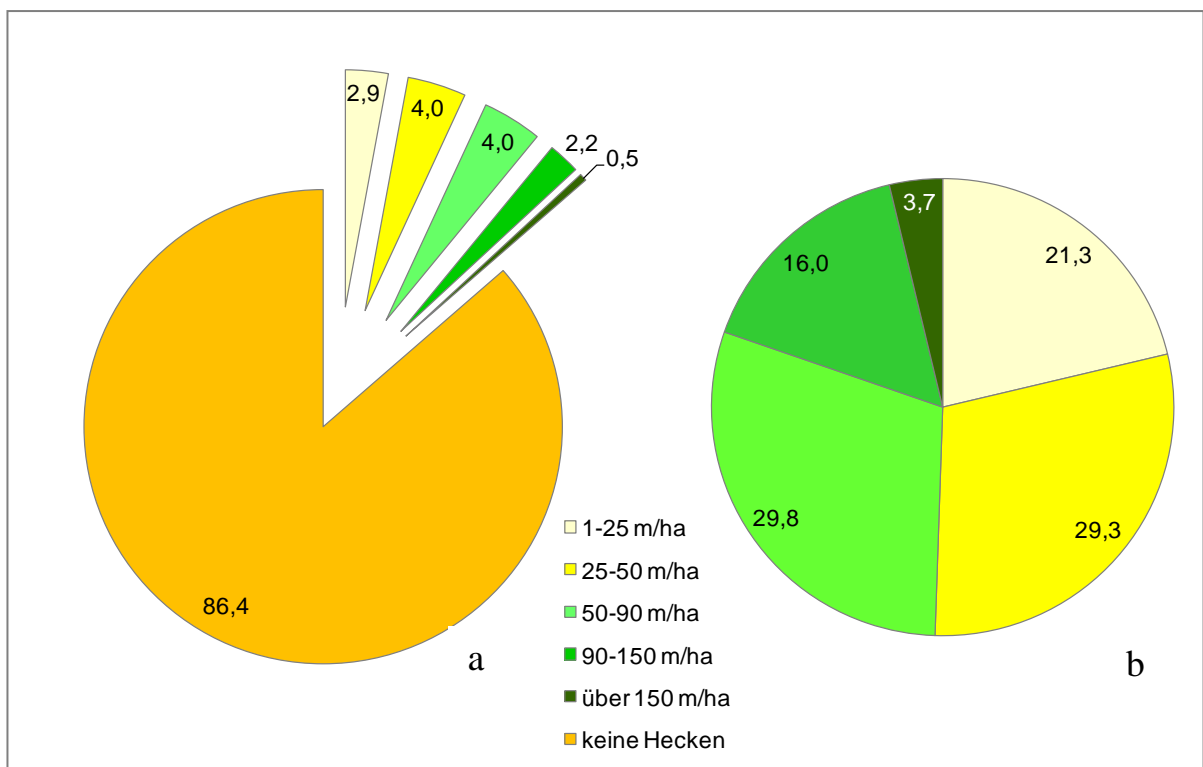


Abbildung 31: Prozentuale Verteilung der Heckendichte (m/ha) im Modellierungsgebiet, Dichte Modellierungsgebiet (a) und nur bezogen auf Gebiete mit Heckenvorkommen (b) (eigene Analyse)

Bei der Untersuchung der Anzahl der Hecken pro Rasterzelle wurde deutlich, dass bei 82 % des Untersuchungsgebietes (28.455 ha) nur jeweils eine Hecke pro Hektar vorkommt,

ausgenommen der Flächen (Raster), wo keine Hecken vorkommen (28.1138 ha). Zwei Hecken kommen bei knapp 16 % der Fläche (5462 ha), drei Hecken nur noch bei 2 % der Fläche (797 ha), und 4-9 Hecken bei unter 1 % der Fläche (14-1 ha) vor (Abbildung 32).

Ganz ähnlich stellte sich auch die Situation im Modellierungsgebiet dar, in dem maximal 5 Hecken pro Hektar vorkommen (1 ha). Das bedeutet, dass die ermittelten Heckendichtewerte meist auf das Vorkommen von Einzelhecken zurückgeführt werden konnten.

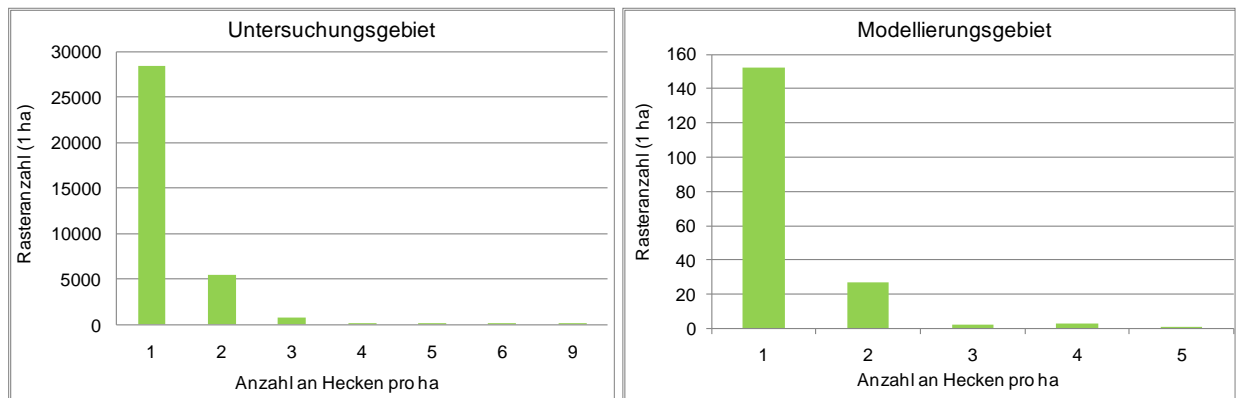


Abbildung 32: Verteilung der Anzahl an Hecken pro Hektar im Gesamtuntersuchungsgebiet und im Modellierungsgebiet für alle Raster mit Hecken (eigene Analyse)

Betrachtet man die Karte der Heckenverbreitung im Untersuchungsgebiet nach Heckentypen (Abbildung 33), dann sind zwei Verbreitungsschwerpunkte für Steinrücken zu erkennen: Eines befindet sich im oberen Einzugsgebiet der Müglitz im Südosten des Untersuchungsgebietes (Gegend um Glashütte) und das andere um die Stadt Annaberg-Buchholz (Pöhlberg).



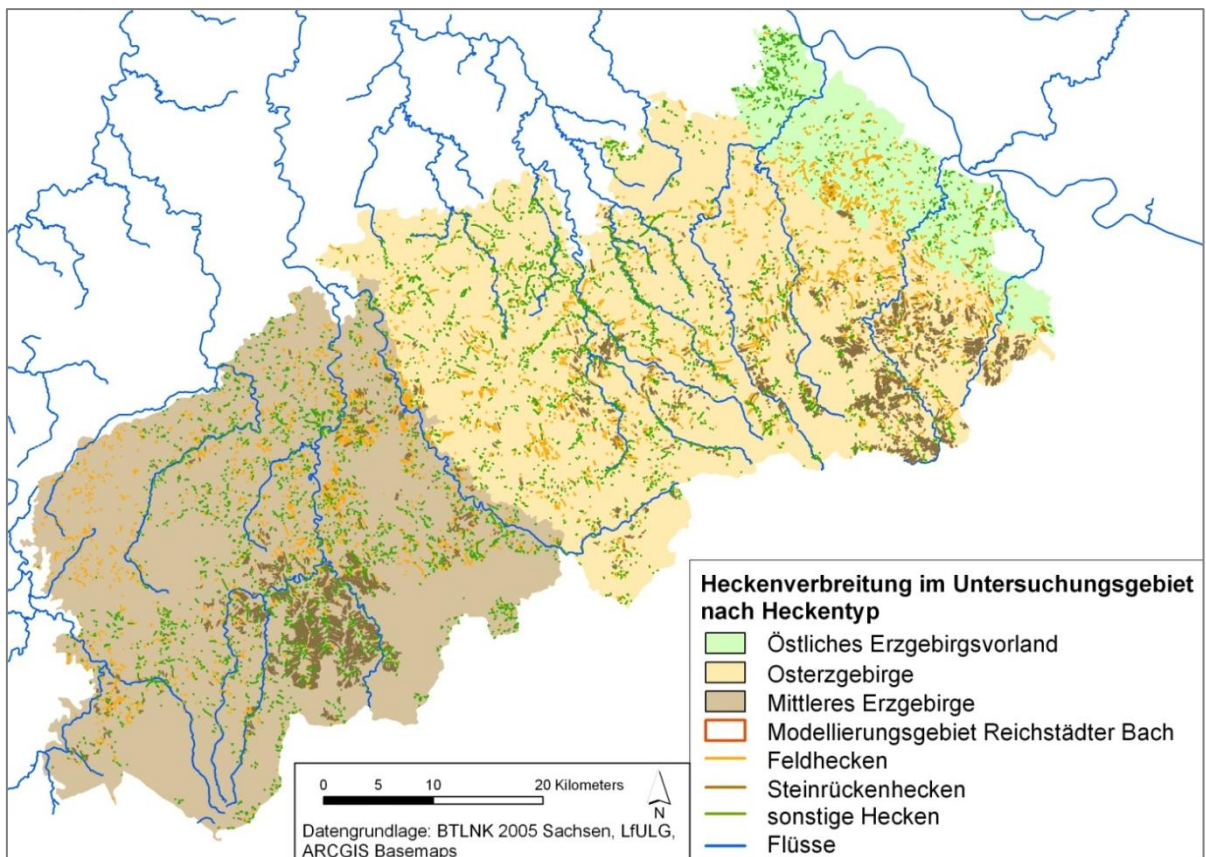


Abbildung 33: Heckenverbreitung im Untersuchungsgebiet nach Heckentypen

Im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach zeigt sich kein direkter Verbreitungsschwerpunkt (Abbildung 34). Meist befinden sich die Hecken in Ortsnähe.

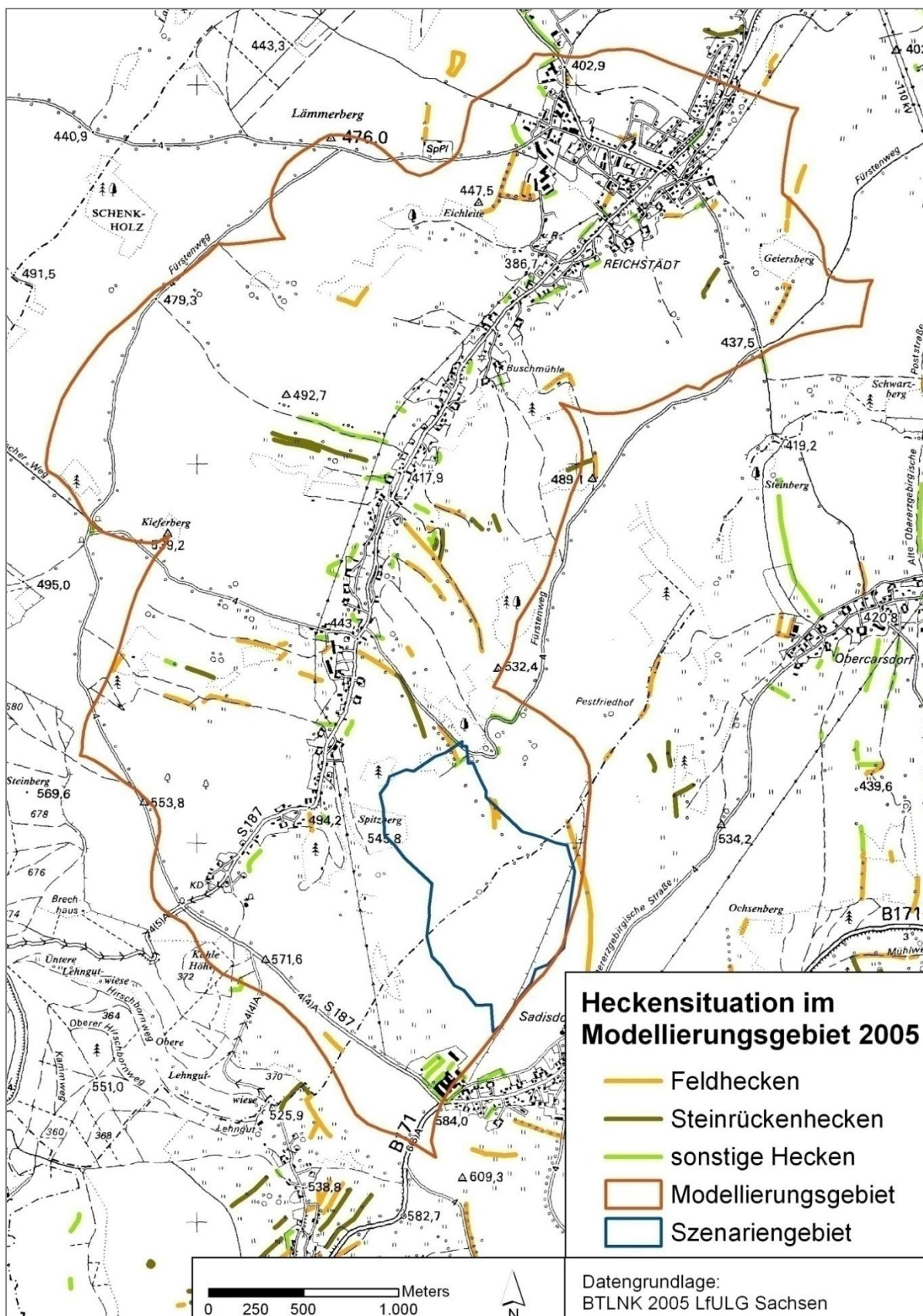


Abbildung 34: Heckenverbreitung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach nach Heckentypen (eigene Analyse)

Vergleicht man die ermittelten Heckendichtewerte mit Werten aus der Literatur (Tabelle 6), so wird deutlich, dass sich die Ergebnisse nur schwer vergleichen lassen, da die Abgrenzung der betrachteten Räume unterschiedlich ist. Betrachtet man nur den Durchschnittswert (6,7 m/ha) würde das Untersuchungsgebiet als heckenarm eingestuft werden. Da aber lokal Werte über 200 m/ha erreicht werden, kann festgestellt werden, dass die Verteilung der Heckendichte als räumlich sehr heterogen ist.

Tabelle 6: Zusammenstellung von mittleren Heckendichten in verschiedenen Regionen Deutschlands aus der Literatur

Dichte (m/ha)	Region	Literaturquelle
1-2	Einzugsgebiet der mittleren Mulde	MEYER et al. 2003
2,77	Thüringisch-Fränkisches Mittelgebirge	RÖSER 1989
4,86	Weißbach / Osterzgebirge	eigene Kartierung 2006 und Auswertung, GROSCH 2006
unter 5	Fichtelgebirge und Frankenwald	REIF et al. 1982
8	Rheintal bei Teningen im nördlichen Breisgau	SPAHL & VIEHMANN 1987
ca. 10	Sandsteinkeuper- und Liasgebiete Oberfrankens	REIF et al. 1982
10-100	Schleswig-Holstein	MARQUARDT 1950
25-33	Kalkgebiete in Oberfranken	REIF et al. 1982
25 bis lokal 75 (ø 47,3)	Vorderer Bayrischer Wald	REIF et al. 1982, RÖSER 1989
31	Lößhügelzone, Teningen im nördlichen Breisgau	SPAHL & VIEHMANN 1987
31-55	westliche Schweiz	STEINER-HAREMAKER & STEINER 1961
41 (1999)	Pöhlberggebiet	NATURSCHUTZZENTRUM ANNABERG 1999
120	Rhön	RÖSER 1989
132-148	Oberrheinisches Tiefland (Bleichheim, Hummelberg, Blosenbergl)	BÖNECKE 1990
lokal bis 353 (ø 6,7)	Untersuchungsgebiet (Östliches Erzgebirgsvorland, Ost- und Mittleres Erzgebirge)	eigene Analyse

### 5.2.5 Höhenverteilung der Hecken

Die Analyse des Heckentyps bezüglich der Höhenlage zeigte, dass der Verbreitungsschwerpunkt der Hecken bei 400 bis 600 m üNN liegt (Abbildung 35). Steinrückenhecken treten erst bei über 200 m üNN in Erscheinung und haben ihre maximale Verbreitung zwischen 400 und 800 m üNN. Über 800 m üNN sind fast keine Hecken mehr vorhanden, was auch in einem höheren Waldanteil in dieser Höhenlage begründet liegt. Nur sehr wenige Hecken sind auch in Bereichen unterhalb von 200 m üNN vorhanden, wobei es

sich hierbei größtenteils um ertragreiche Agrargebiete mit sehr geringen Heckenanteilen handelt.

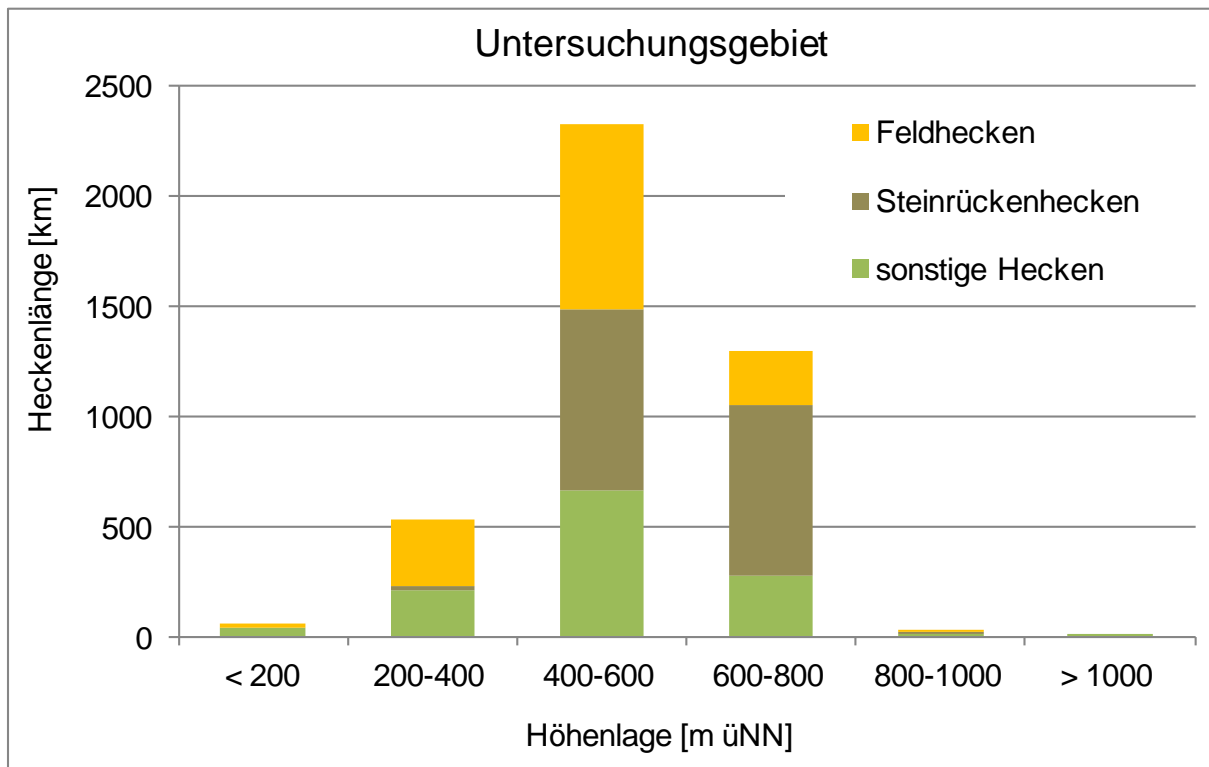


Abbildung 35: Verteilung der Heckentypen auf Höhenlagen im Untersuchungsgebiet (eigene Analyse)

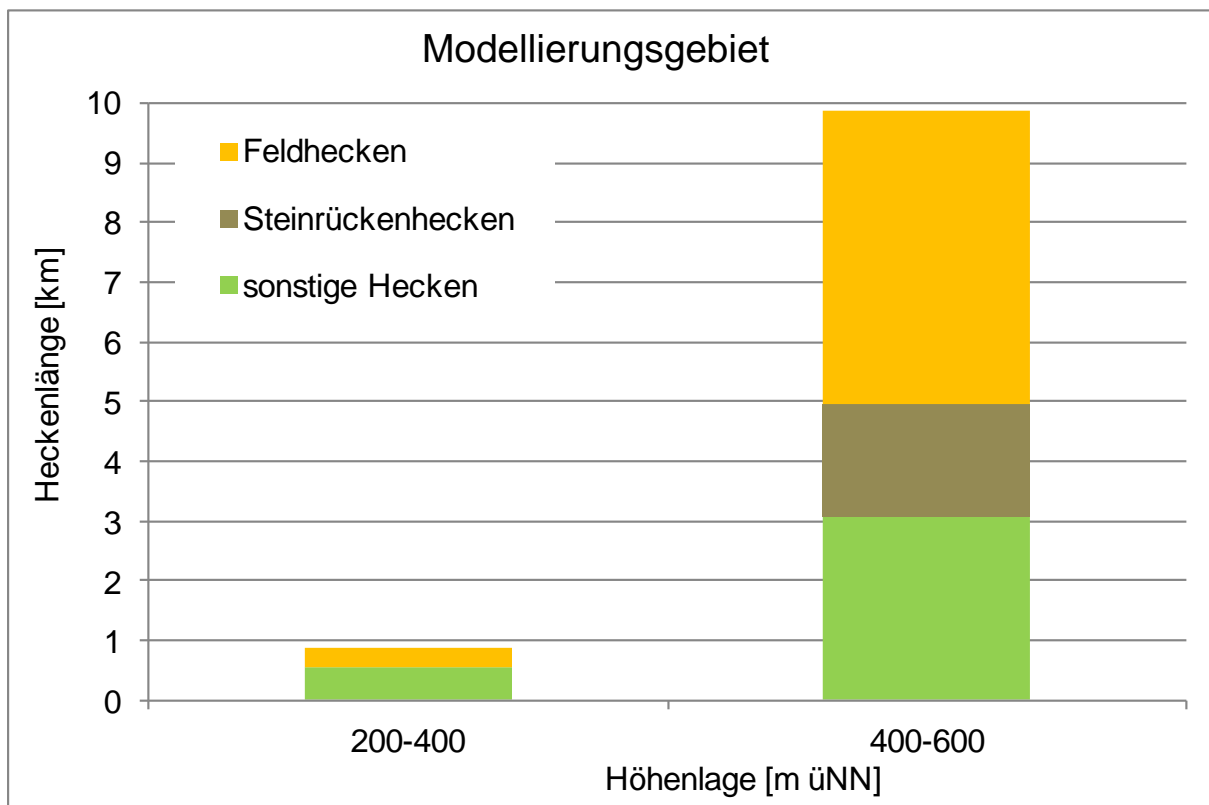


Abbildung 36: Verteilung der Heckentypen auf Höhenlagen im Modellierungsgebiet (eigene Analyse)

Im Bereich des Modellierungsgebietes kommen Hecken in einer Höhenlage von 200-600 m üNN vor (Abbildung 36). Der Anteil an Steinrückenhecken in der Höhenlage 400-600 m üNN ist im Modellierungsgebiet geringer als im Untersuchungsgebiet. Dies könnte durch die im Modellierungsgebiet vorhandenen Lössseinwehungen zustande kommen.

Einen Aufschluss über die Lage der Hecken zum Hang (Höhenlinienparallel, längs zum Hang) gibt Abbildung 37. Der Großteil der Hecken erstreckt sich in Höhenlagenbereichen von 10-50 m. Das bedeutet, dass im Verlauf der Hecke zwischen 10 und 50 Höhenmeterunterschiede zu verzeichnen sind. Besonders auffällig ist, dass die Steinrückenhecken größere Höhenmeterunterschiede aufweisen als die anderen Typen. Das liegt in der historischen Entstehung dieser Hecken begründet, die oftmals entlang der Hufen auf den abgelagerten Steinen entstanden und daher meist längs zum Hang liegen.

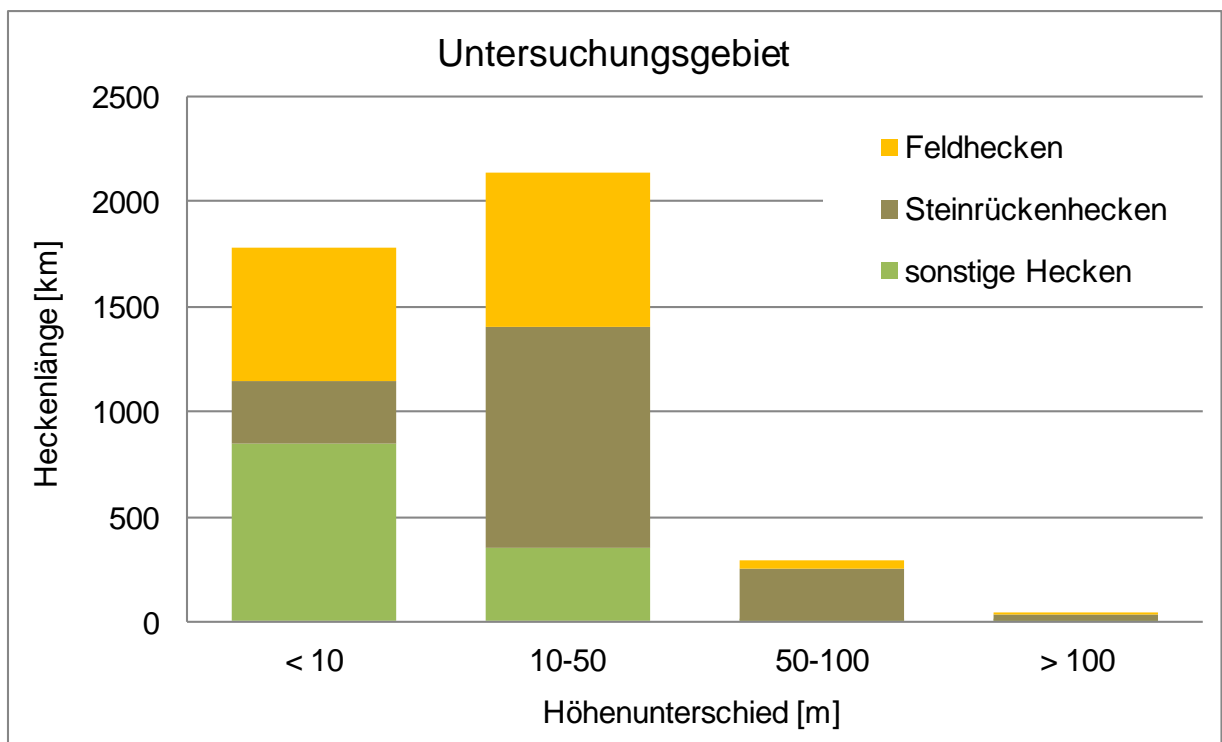


Abbildung 37: Verteilung der Heckentypen auf relative Höhenlagenbereiche im Untersuchungsgebiet (eigene Analyse)

Die Analyse der Verteilung der Höhenlagenbereiche in den einzelnen Höhenstufen (Abbildung 38) zeigt, dass die Ausdehnung der Höhenlagenbereiche mit steigender Höhenlage zunimmt und bei 600-800 m üNN ein Maximum erreicht. Da die Steinrückenhecken in dieser Höhenlage ihren Verbreitungsschwerpunkt haben, ist anzunehmen, dass das Maximum durch die längs zum Hang verlaufenden Steinrückenhecken verursacht wird.



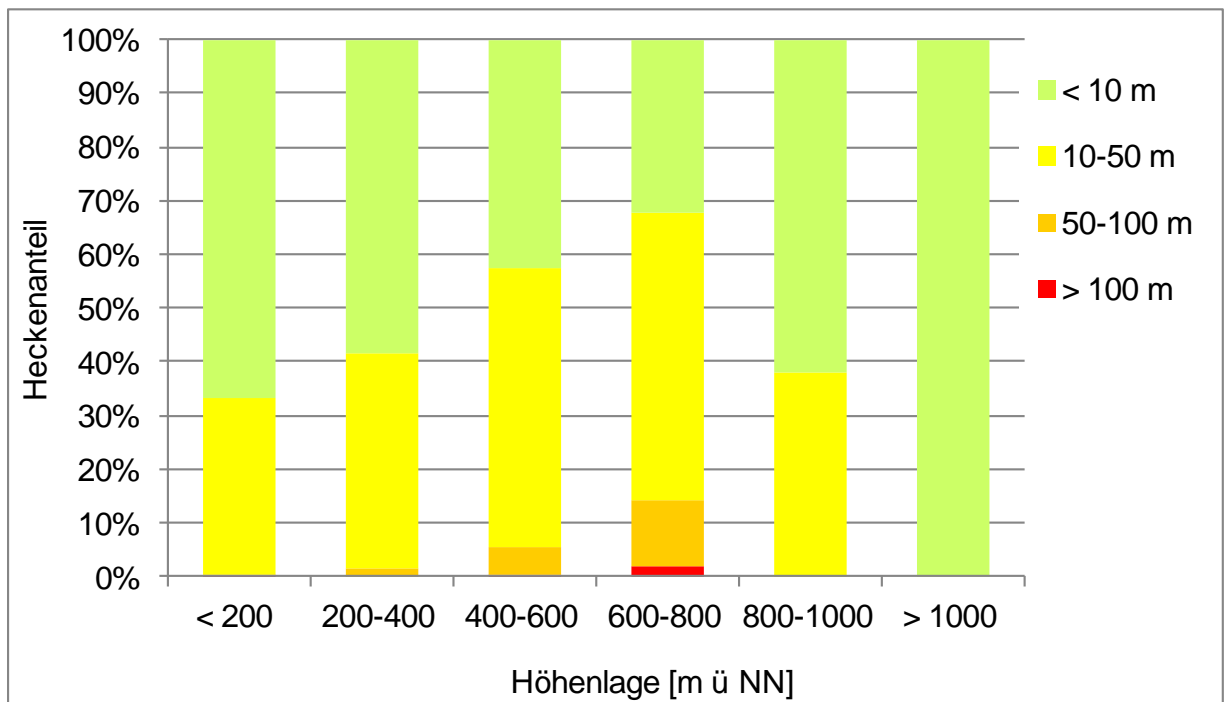


Abbildung 38: Prozentuale Verteilung der Ausdehnung der Höhenunterschiede von Hecken auf die Höhenlagenintervalle (eigene Analyse)

### 5.2.6 Abstand zur nächsten Hecke

Der Nächste-Nachbar-Index ermittelt für jede Einzelhecke die jeweils kürzeste Entfernung zur nächststehenden Hecke („Nachbarhecke“). Die Entfernung zur Nachbarhecke liegt bei den meisten Hecken im Untersuchungs- und Modellierungsgebiet unter 100 m (Abbildung 39 und Abbildung 40).

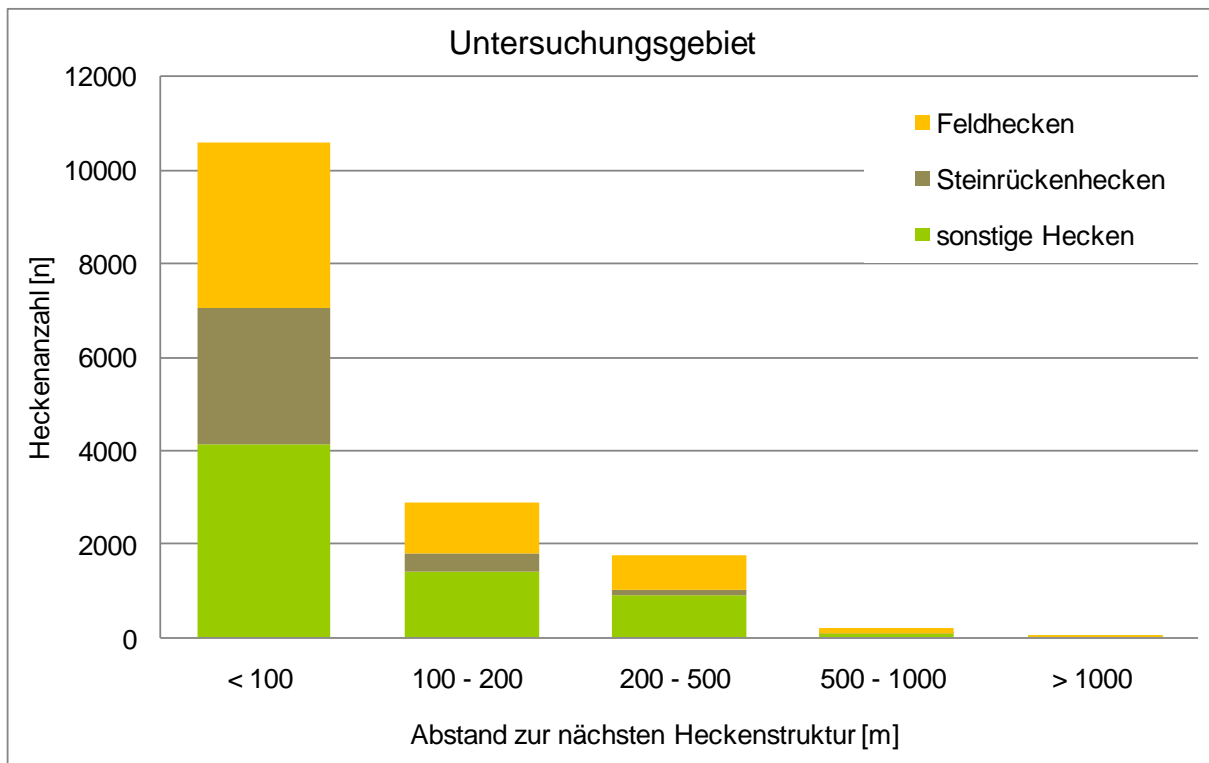


Abbildung 39: Verteilung der Abstände zur nächststehenden Hecke nach Heckentyp im Untersuchungsgebiet (eigene Analyse)

Dies gilt insbesondere für Steinrückenhecken, die meist auch in großen Heckenkomplexen vorkommen (vgl. Abbildung 27).

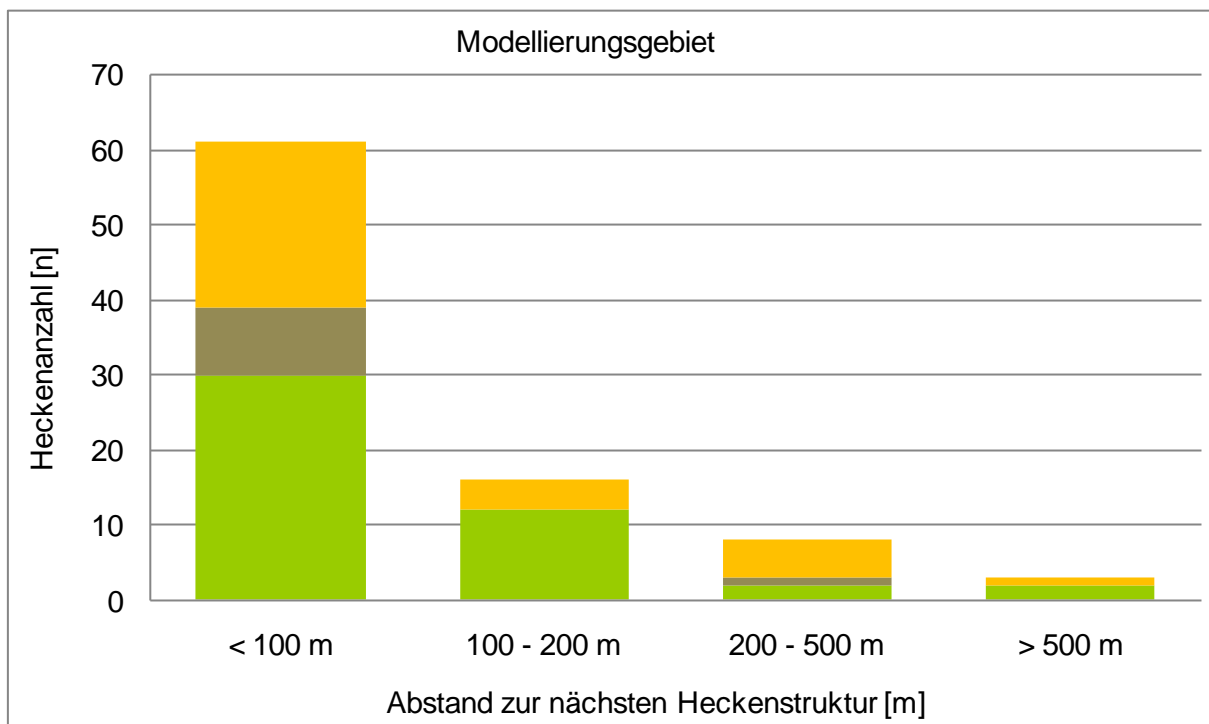


Abbildung 40: Verteilung der Abstände zur nächststehenden Hecke nach Heckentyp im Modellierungsgebiet (eigene Analyse)

Im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach sind die Hecken maximal etwas über 500 m voneinander entfernt (Abbildung 40).

Der Nächste-Nachbar-Index beschreibt die Isolationssituation der Einzelecke, kann jedoch keine Aussagen zur allgemeinen Vernetzungssituation liefern, da bei der Analyse immer nur ein Nachbar berücksichtigt wird. Daher werden auch Heckenstrukturen als gut vernetzt ausgewiesen, die nur einen Nachbarn innerhalb von 100 m besitzen. Ein besseres Maß für die allgemeine Vernetzungssituation gibt daher die Heckendichte an (vgl. Kapitel 5.2.4. „Heckendichte“).

### 5.2.7 Angrenzende Nutzung

Die die Hecke umgebende Nutzung hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Artenzusammensetzung einer Hecke (RINGLER et al. 1997, ZWÖLFER et al. 1984). Die Analyse der angrenzenden Nutzung sowohl im Gesamtuntersuchungsgebiet als auch im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach ergab, dass die meisten Hecken auf Grünland / Ruderalfluren (56,8 % und 44,8 %) und Ackerstandorten (26,8 % und 33,8 %) vorkommen (Abbildung 41 und Tabelle 7).

Zu beachten bei der Auswertung der Analyseergebnisse ist, dass Hecken oft Grenzlinienbiotope zwischen Bereichen unterschiedlicher Nutzung zum Beispiel zwischen Grün- und Ackerland darstellen. Dies konnte bei der Analyse leider nicht untersucht werden, da den analysierten Hecken, welche in der Datengrundlage (Biotop- und Landnutzungskartierung des Freistaates Sachsen (BTLNK) 2005) als Linienobjekte definiert sind, jeweils nur eine Nutzung anhand ihrer Lage im Landnutzungspolygon zugeordnet werden konnte.

Betrachtet man die angrenzende Nutzung nach Heckentypen, so zeigt sich, dass bei allen Heckentypen sowohl im Gesamtuntersuchungs- als auch im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach (Abbildung 42) Grünland / Ruderalfluren dominieren. Besonders häufig kommen dabei Steinrückenhecken angrenzend an Grünland / Ruderalfluren (62 % und 61 %) vor. Sonstige Hecken kommen mit einer größeren Häufigkeit als alle anderen Heckentypen in Siedlungsbereichen vor (29 % und 31 %). Dabei handelt es sich wahrscheinlich zum Großteil um Zierhecken mit nicht standortgerechter Gehölzzusammensetzung.



Tabelle 7: Verteilung der angrenzenden Nutzung im Untersuchungsgebiet (UG) und im Modellierungsgebiet (MG) in Prozent

Angrenzende Nutzung (nach BTLNK 2005)	Feldhecken		Steinrücken- hecken		sonstige Hecken		Hecken gesamt	
	UG	MG	UG	MG	UG	MG	UG	MG
Acker, Sonderstandorte	31,9 %	43,7 %	29,7 %	31,4 %	18,3 %	23,4 %	26,8 %	33,8 %
Baumgruppen, Hecken, Gebüsch	1,0 %	-	1,0 %	-	1,2 %	2,8 %	1,0 %	1,1 %
Gewässer	0,2 %	-	unter 0,1 %	-	0,4 %	0,6 %	0,2 %	0,2 %
Grünland, Ruderalflur	58,5 %	40,8 %	62,0 %	60,9 %	49,2 %	42,0 %	56,8 %	44,8 %
Magerrasen, Felsfluren, Zwergstrauchheiden	0,1 %	-	0,6 %	-	0,4 %	-	0,4 %	-
Moore, Sümpfe	0,1 %	-	0,1 %	-	unter 0,1 %	-	0,1 %	-
Siedlung, Infrastruktur, Grünflächen	6,4 %	6,8 %	1,3 %	-	29,1 %	31,1 %	11,6 %	14,5 %
Wälder und Forsten	1,9 %	8,7 %	5,4 %	7,7 %	1,3 %	1,1 %	3,0 %	5,6 %

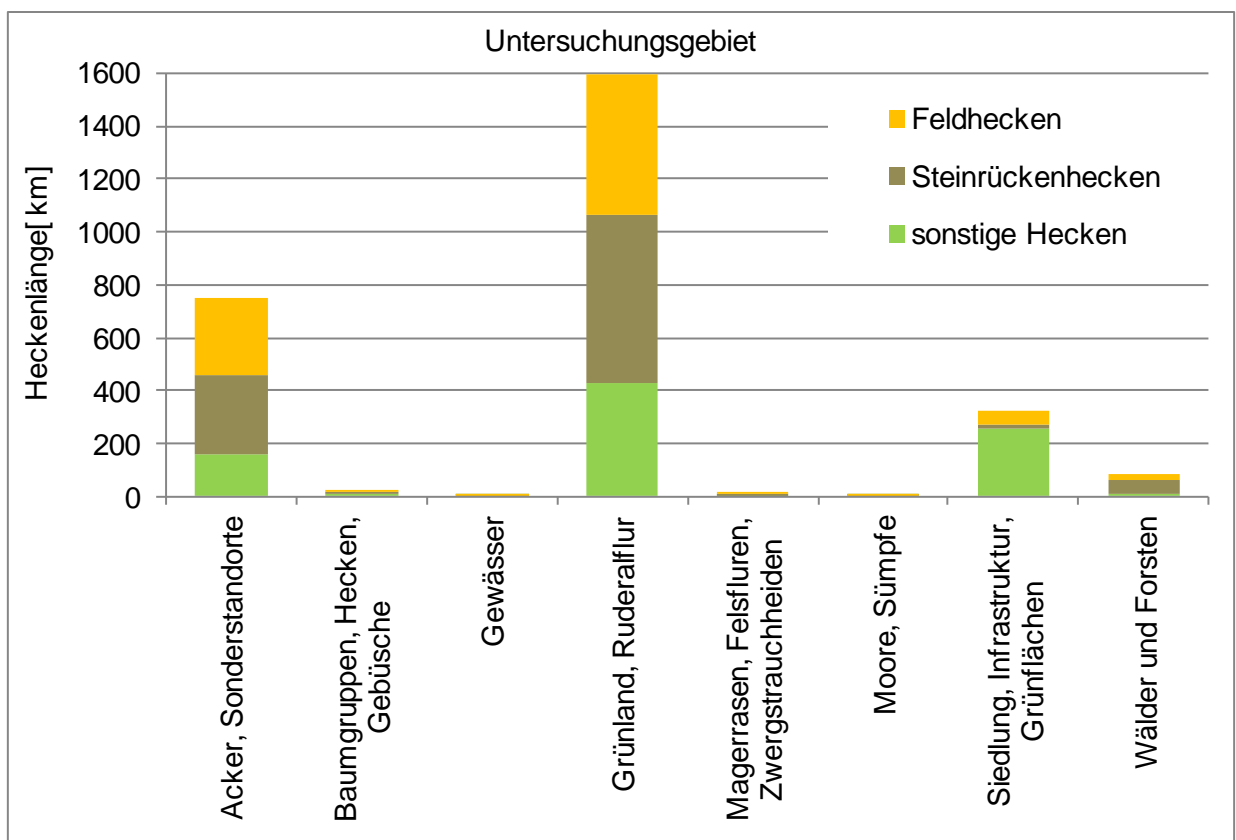


Abbildung 41: Verteilung von Heckentyp und der umgebenden Landnutzung im Untersuchungsgebiet (eigene Analyse)

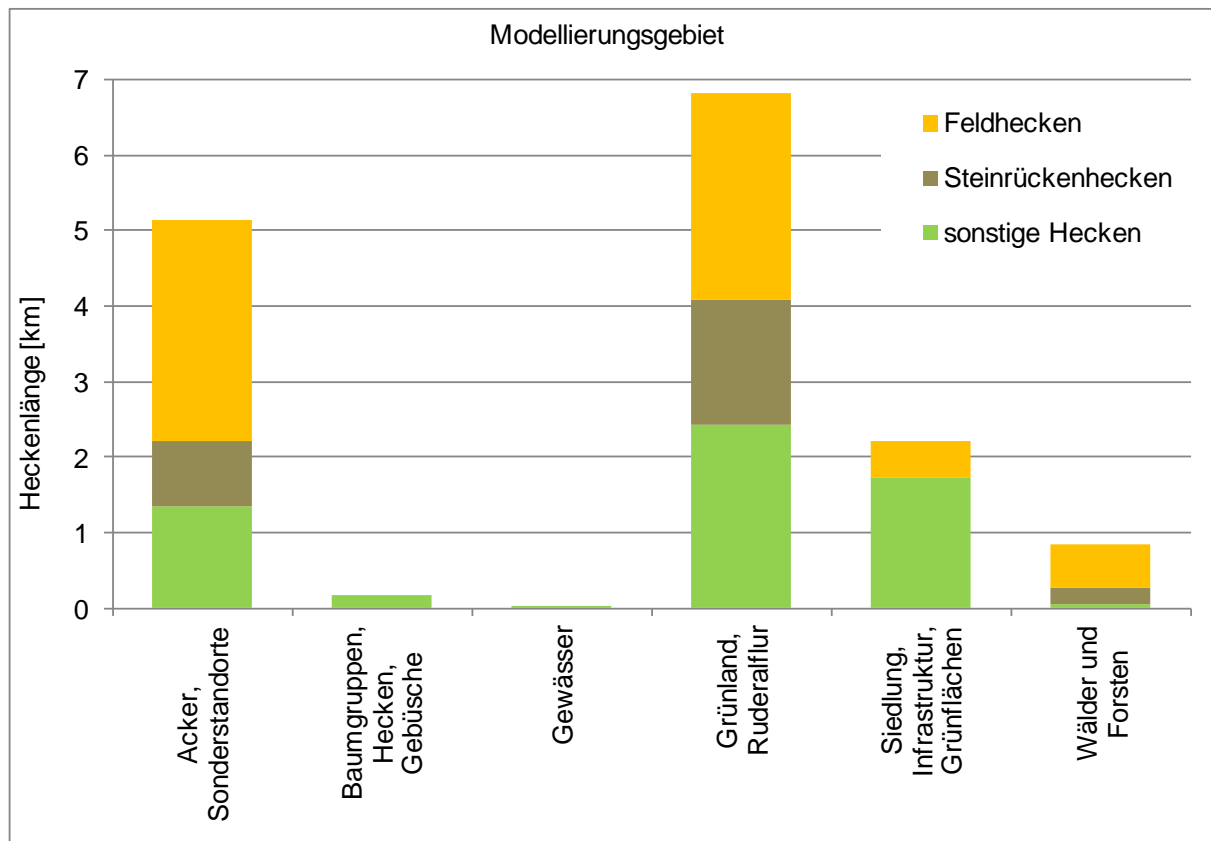


Abbildung 42: Verteilung von Heckentyp und der umgebenden Landnutzung im Modellierungsgebiet (eigene Analyse)

### 5.2.8 Zusammenfassung

Die Analyse der Heckenbestandssituation im Gesamtuntersuchungsgebiet zeigte, dass es lokal sehr große Unterschiede in der Heckenverteilung innerhalb der Makrogeochoren gab. Zum einen sind große Bereiche besonders im Norden des Untersuchungsgebietes nahezu ohne Heckenstrukturen und andererseits gab es große Heckengebiete mit sehr hohen Dichtewerten im Bereich um Marienberg und Annaberg-Buchholz sowie um Glashütte.

Die Analyse des Modellierungsgebietes Reichstädter Bach zeigte, dass es sich um ein Gebiet handelt, das die allgemeinen Verhältnisse des Gesamtuntersuchungsgebietes sehr gut widerspiegelt, die ermittelten Werte liegen im Bereich des Durchschnittes des Gesamtuntersuchungsgebietes. Es ist weder ein besonders heckenreiches noch ein extrem strukturarmes Gebiet.

## 5.3 Heckenentwicklung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach

Zur Analyse der zeitlichen Heckenentwicklung im Modellierungsgebiet des Reichstädter Baches wurden die Ergebnisse aus der F&E Studie „Ableitung naturschutzfachlich relevanter Flächeninformationen aus historischen Kartenwerken (Nathist)“ (WALZ et. al 2001), welches

sich mit der Untersuchung von historischen Karteninformationen auf die Nutzbarkeit für die Analyse des Landschaftswandels befasste und die Ergebnisse der Bestandsanalyse der Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLNK 2005) verwendet. Für die Analyse wurden die in Tabelle 8 aufgelisteten Kartengrundlagen verwendet.

Tabelle 8: Verwendete Kartenwerke bzw. Datensätze und deren Quellen sowie Erstellungszeitpunkte im Projekt Nathist (WALZ et al. 2001) und BTLNK 2005 (eigene Analyse)

Kartenwerk bzw. Datensatz	Maßstab	Zeitschnitt	Quellenangabe, Datenformat (Blatt Frauenstein 5147)
Vektordaten der digitalisierten Biotop- und Landnutzungstypen (BTLNK)	1:10 000	2005	LfULG, digital
CIR-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung	1:10 000	1992/93	LfUG, digital
Messtischblatt	1:25 000	1910 (einz. Nachtr. 1937) Ausg. 1944	LAV, analog
Äquidistantenkarte	1:25 000	1872 – 1890	LfUG, analog
Meilenblatt	1:12 000	1784/85	LfUG, digital

Die Ergebnisse von WALZ et. al (2001) zeigen, dass Untersuchungen zur Entwicklung von Linienelementen wie Hecken, Gehölze, Steinriegel innerhalb der einzelnen Kartenblätter in ihrer Anzahl kaum über alle Zeitebenen vergleichbar sind, da sie in den unterschiedlichen historischen Kartengrundlagen nicht einheitlich erfasst wurden. Unter diesem Vorbehalt sind auch die in Abbildung 43 und Tabelle 9 dargestellten Ergebnisse zur Heckenentwicklung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach zu betrachten.

Eine quantitative Vergleichbarkeit ist nur zwischen den Messtischblättern, der CIR Biotoptypen- und Landnutzungs-kartierung und der BTLNK gegeben, da dort Hecken als eigene Objekte kartiert wurden. Vergleicht man diese 3 Zeitabschnitte, dann fällt auf, dass sich die Anzahl der Hecken zwischen den Messtischblättern (140) und der BTLNK (96) kontinuierlich verringert hat. Dagegen veränderte sich die Gesamtlänge an Hecken von 1910 (Messtischblätter, 10,3 km) bis 2005 (BTLNK, 10,7 km) nur geringfügig (Tabelle 9).

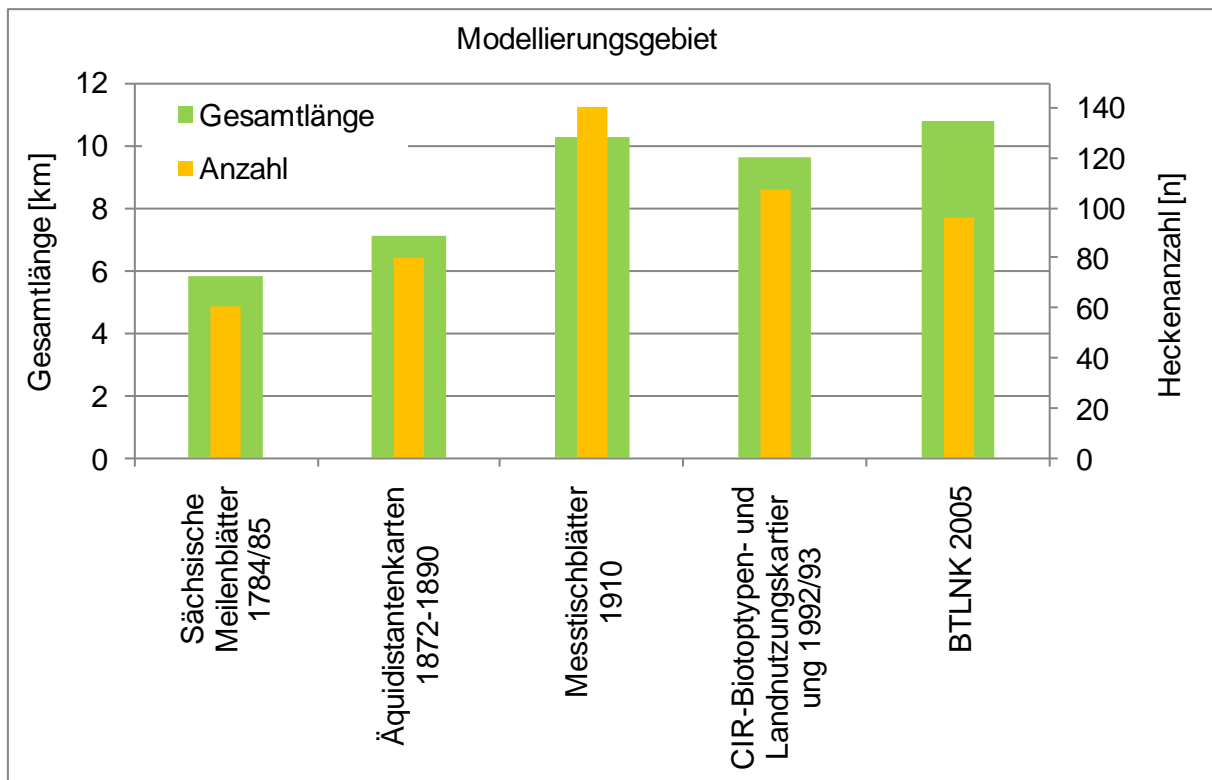


Abbildung 43: Gesamtlänge und Anzahl an Heckenstrukturen im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach in den verschiedenen Zeitschritten (Auswertung auf der Datengrundlage des Projektes Nathist (WALZ et al. 2001) und eigene Analyse

Tabelle 9: Historische Entwicklung der Gesamtlänge, Anzahl und durchschnittliche Länge der linienhaften Gehölze im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach

Linienhafte Gehölze	Gesamtlänge in km	Anzahl	durchschnittliche Länge in m
BTLNK 2005	10,7	96	111,9
CIR-Biotypen- und Landnutzungskartierung 1992/93	9,6	107	64,7
Messtischblätter 1910	10,3	140	71,5
Äquidistantenkarten 1872-1890	7,1	80	89,1
Sächsische Meilenblätter 1784/85	5,8	61	95,4

Da sich die Anzahl der Hecken von 1910 bis 2005 kontinuierlich verringerte, die Gesamtlänge aber seit 1992 wieder leicht anstieg, erhöhte sich die durchschnittliche Heckenlänge von 1910 bis 2005 von 71,5 m auf 111,9 m (Tabelle 9). Außerdem nahm der Anteil an Hecken mit einer Länge unter 100 m von 1910 bis 2005 um fast die Hälfte ab, während der Anteil an längeren Hecken zunahm (Abbildung 44).

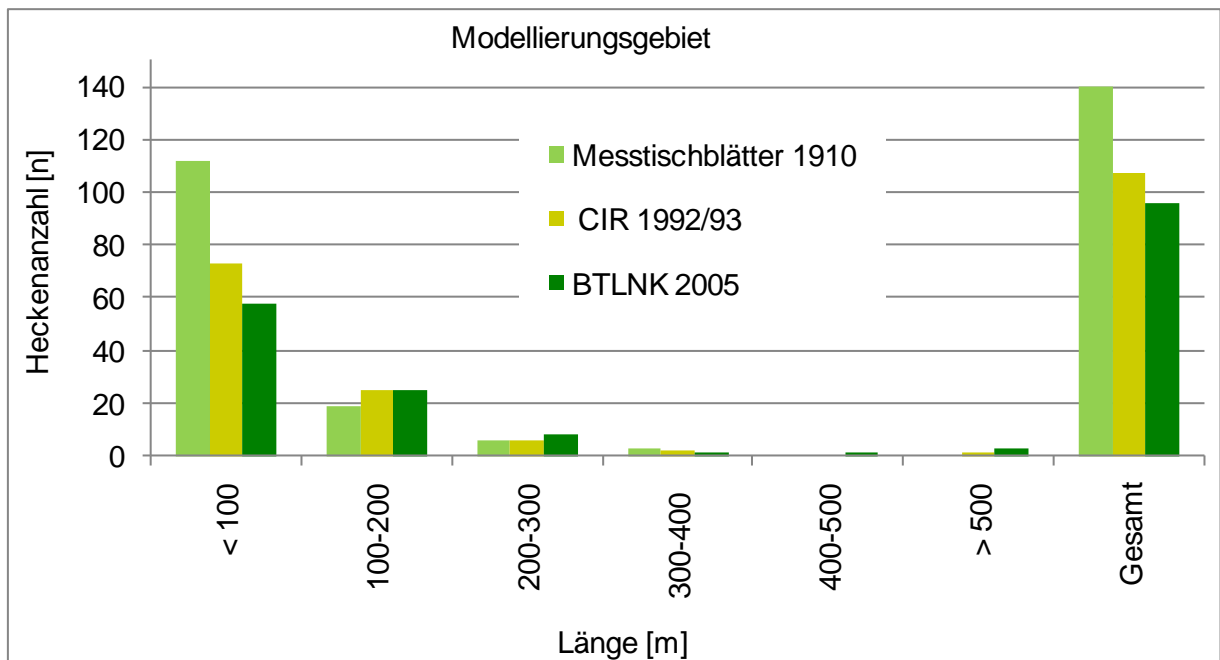


Abbildung 44: Zeitliche Entwicklung der Heckenverteilung im Modellierungsgebiet

Diese Tendenz ist auch deutlich in Abbildung 45 zu erkennen, in der die Veränderung der Heckenlängen im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach anhand von drei Zeitschnitten dargestellt wird: Nur einige wenige Hecken, meist handelt es sich hierbei um Steinrückenhecken, sind seit 1910 im Gebiet erhalten geblieben. Inwiefern es sich von 1992 bis 2005 um die Beseitigung von Heckenstrukturen oder um Neupflanzungen handelt, kann anhand der Kartendaten nicht eindeutig geklärt werden, eventuell kann es sich dabei auch um Kartierungsungenauigkeiten handeln.

Aus der Analyse der historischen Karten ist ein deutlicher Verlust von Hecken unter 100 m Länge festzustellen. Untersuchungen im Bereich des Reichstädter Kuppengebietes (WALZ & SCHUHMACHER 2003) zeigten eine Tendenz zur Vereinheitlichung von Nutzungsformen, einhergehend mit der Abnahme von landschaftlicher Vielfalt. Die geringere Strukturvielfalt zeigt sich besonders anhand der abnehmenden Gesamtlänge an Linienelementen und der zunehmenden mittleren Flächengröße der einzelnen Nutzungseinheiten (WALZ & SCHUHMACHER 2003). Insgesamt sind die Nutzungseinheiten heute gleichmäßiger als früher verteilt, und die Landschaft weist regelmäßiger Strukturen auf (WALZ & SCHUHMACHER 2003).



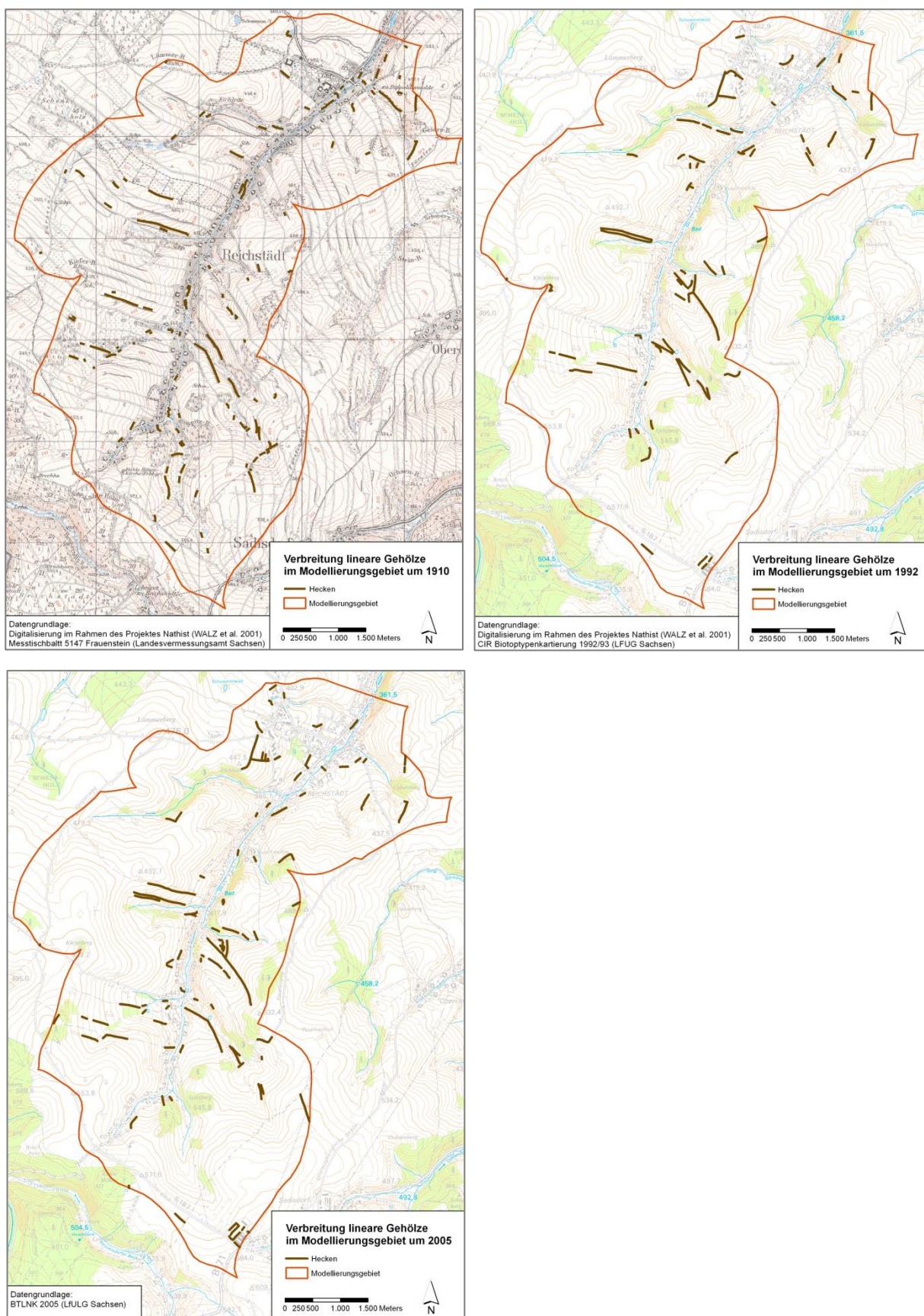


Abbildung 45: Heckenentwicklung im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach anhand dreier Zeitschnitte - Messtischblatt 1910 (WALZ et al. 2001), CIR Biotoptypenkartierung 1992/93 (WALZ et al. 2001) und BTLNK 2005 (eigene Analyse)

## 6 Ökologie

Im Mittelpunkt dieses Kapitels steht die Frage warum gerade die Hecke eines der wertvollsten Biotope der Kulturlandschaft darstellt (6.1) und welchen Einfluss unterschiedliche Strukturparameter auf die Habitatwahl von Arten beziehungsweise auf die „ökologische Qualität“ von Hecken haben (Kapitel 6.2).

### 6.1 Ökologische Grundlagen

#### 6.1.1 Große Artenvielfalt auf kleinstem Raum

Der Zusammenhang zwischen dem Strukturreichtum einer Landschaft und der Artenvielfalt ist seit langem bekannt (TISCHLER 1948, FORMAN & BAUDRY 1984, MÜHLENBERG & SLOWIK 1997, RINGLER et al. 1997, BAUDRY et al. 2000, TATTERSALL et al. 2002). Zu den für eine hohe Artenvielfalt von Pflanzen und Tieren wichtigsten Kleinstrukturen zählen Hecken (KAULE 1991). Die Hälfte aller einheimischen Säugetiere, sämtliche Reptilien und ein Fünftel unserer heimischen Vogelwelt nutzen Hecken (STREETER et al. 1985). Weit mehr als die Hälfte regionaler Gesamtfloren und etwa ein Drittel des deutschen Artengesamtbestandes konnte in Hecken nachgewiesen werden (WITT & KREMER 1988). Tabelle 10 zeigt eine Zusammenstellung der Anzahl an Tier- und Pflanzenarten, die in Hecken vorkommen können. Hecken stellen trotz der Beeinflussung durch die benachbarten Biozönosen nicht nur einfach „Übergangszonen“ dar, in denen sich die Arten von zwei nebeneinanderliegenden Biozönosen miteinander verzahnen, sondern haben ihre eigenen stabilen Artenkombinationen, die auch Arten aufweisen, die in den anderen anliegenden Biozönosen nicht vorkommen (ROTTER & KNEITZ 1977). Neben der eigenständigen Artenkombination stellt die Artenvielfalt ein besonderes Charakteristikum der Hecken dar.

Der Grund der erstaunlichen biologischen Vielfalt von Hecken auf kleinster Fläche liegt in der kleinräumigen Bündelung und Komplexierung verschiedener Kleinbiotope (RINGLER et al. 1997). Feldhecken bieten auf engstem Raum die größte Vielfalt an Kleinstandorten, die in der mitteleuropäischen Kulturlandschaft denkbar ist (KAULE 1991) und ermöglichen so kleinräumig das Ineinandergreifen von „Natur“ und intensiver Landnutzung (RINGLER et al. 1997). Aufgrund der starken standörtlichen Gradienten und der Verzahnung mit angrenzenden Biotopen bilden Hecken ausgesprochene Komplexhabitate für eine Vielzahl von Tierartengruppen (REIF & ACHTZIGER 2000).

Tabelle 10: Zusammenstellung von Schätzungen zur Anzahl an Tier- und Pflanzenarten in Hecken

Anzahl und Art	Ort der Studie	Quelle
<i>Tiere</i>		
900 Tierarten	Süddeutschland	BLAB (1993)
mehr als 1200 Tierarten	Süddeutschland	ROTTER & KNEITZ (1977)
1 500 Tierarten	Eichen-Hainbuchenknicks in Schleswig Holstein	TISCHLER (1948)
davon weit über 1000 Insektenarten		
7 000 Tierarten	in verschiedenen regionalen Studien	WITT & KREMER (1988)
davon 45 Säugetiere		
50 Vögel		
7 Amphibien		
8 Reptilien		
800 Käfer		
12 Blattläuse		
115 Schmetterlinge		
110 Schlupfwespen		
46 Blatt- und Halmwespen		
2000 Mücken und Fliegen		
60 Spinnen		
73 Wanzen		
29 Zikaden		
7 Heuschrecken		
30 Schnecken		
7000-10 000 Tierarten	in Hecken allgemein	STREETER et al. (1985)
80-85 Brutvogelarten	in Hecken allgemein	BEZZEL (1982)
68 Vogelarten, die in der Hecke brüten oder Nahrung suchen	17 km Hecken in Oberfranken	ZWÖLFER et al. (1984)
64 Vogelarten und 20 Säugetierarten	England	GARBUTT & SPARKS (2002)
4/5 aller Waldarten brüten in Hecken	England	FORMAN & BAUDRY (1984)
1500 Insektenarten	England	GARBUTT & SPARKS (2002)
<i>Pflanzen</i>		
361 Farn- und Samenpflanzen, davon 80 Gehölze in 113 Hecken	Kirchberger Granitgebiet / Westerzgebirge	THOß (2010)
mehr als 1000 Pflanzenarten	regionale Studien	WITT & KREMER (1988)
48 von 324 Gefäßpflanzen	Ackerbaugebiete in Thüringen	VOIGTLÄNDER et al. (2001)
500 – 600 Gefäßpflanzen	England	FORMAN & BAUDRY (1984)

Sie beherbergen eine äußerst artenreiche und ökologisch diverse Fauna. Ursache dafür ist ein breites und vielfältiges Nahrungs- und Strukturangebot auf kleinstem Raum, die enge Verzahnung mit dem Umland (Randeffekte), sowie Strukturreichtum mit Kleinstandorten mit besonderen mikroklimatischen Bedingungen. Sonn- und Schattbuchten, luftfeuchte Stellen am Nordrand, windexponierte beziehungsweise windgeschützte Bereiche, lückige und dichte Gehölzkörper, Lesesteine und Totholz im Biotop sorgen für Nischenvielfalt (REIF & ACHTZIGER 2000) (Tabelle 11).



Tabelle 11: Teillebensräume von Hecken und ihre ökologische Bedeutung (nach RINGLER et al. 1997)

Teillebensraum <sup>a</sup>	Klimatische Bedingungen <sup>a</sup>	Auswirkungen Pflanzena <sup>a</sup>	Auswirkungen auf Tiere <sup>a</sup>
sonnseitiger Heckenrand <sup>a</sup>	sonnseitige Windschattzone, Ausbildung klein-klimatisch begünstigter „Wärmetaschen“, schnellere Schneeschmelze und geringe Schneehöhen auf der windzugewandten Seite <sup>a</sup>	artenreichere Pflanzengemeinschaften, im Frühjahr stehen schneller Nektar- und Pollenquellen zur Verfügung, bessere Blütenbildung und Fruchtansatz, Lebensraum für wärmeliebende Pflanzenarten <sup>a</sup>	höhere Tierartendichte, günstig für heliothermophile, trockenheitstolerante Arten, ergiebige Nahrungsquelle für Blüten-, Frucht- und Samenfresser, erleichterte Nahrungssuche im Winter, Lebensraum für wechselwarme Tiere (Schlangen und Eidechsen) <sup>a</sup>
absonnige Heckenränder und kühl-schattige Kernbereiche <sup>a</sup>	Schattlage, kühlere Temperaturen, hohe Luft- und Bodenfeuchtigkeit <sup>a</sup>	Lebensraum für schatten- und nassebevorzugende Pflanzenarten <sup>a</sup>	Arten des Feucht- und Nassgrünlandes, teilweise sogar amphibisch lebende Tierarten, charakteristische aber meist artenärmere Fauna <sup>a</sup>
Lee-Seite, windberuhigte Zonen, <sup>¶</sup> Schneekumulationszonen <sup>a</sup>	deutlich geringere Windgeschwindigkeiten, teilweise Windstille, luftfeuchtere Schattseiten, die weniger rasch austrocknen, Witterungsschutz bei Hitze- oder Schlechtwetterperioden, längere bzw. dickere Schneebedeckung verhindert ein tiefes Durchfrieren des Bodens <sup>a</sup>	<sup>a</sup>	kleine Arten und „schlechte Flieger“, Lebensraum kleiner weichhäutiger Fluginsekten, Feld- und Wühlmäuse ziehen die schneereicheren Schatt- bzw. Lee-Lagen vor <sup>a</sup>
Gestrüppmäntel, Krautsäume <sup>a</sup>	je nach Lage, siehe absonniger Heckenrand oder sonnseitiger Heckenrand <sup>a</sup>	krautige Pflanzen, je nach Lage sonnen- oder schattenbevorzugende Pflanzenarten <sup>a</sup>	Nistplatz von vor allem Boden- und Staudenbrütern z.B. das Rebhuhn, Eiablageplatz zahlreicher Arthropoden, Konzentration von Fluginsekten und reichhaltiges Nahrungsreservoir für räubersch lebende Tiere z.B. Spinnen <sup>a</sup>
dichtes Unterholz <sup>a</sup>	lichtarme, windgeschützte, kühle und luftfeuchte Mikrostandorte <sup>a</sup>	dichtstädtige, domige und durch ein dichtes Laubdach abgeschirmte Innenzonen <sup>a</sup>	Nistplatz für Buschbrüter (Heckenbraunelle, Hänfling, Dorngrasmücke, Sumpfsänger) und Kleinsäuger wie Schlafmäuse, sichere Schlafplätze für Vögel und Fledermäuse <sup>a</sup>
Baumschicht <sup>a</sup>	sonnen- und windexponierte und gut mit der Atmosphäre gekoppelte Außenbereiche <sup>a</sup>	Ausbildung von Baum-Überhältern mit teilweise ausladenden Kronen mit dicken Ästen, Vorkommen von Baumhöhlen <sup>a</sup>	breites Spektrum zusätzlicher Brutplätze für Klein-vögel, Greifvögel und Eulen, Lebensraum für höhlenbrütende Vögel, Kleinsäuger, staatenbildende Insekten, Fledermäuse <sup>a</sup>
Boden- und Streuschicht <sup>a</sup>	Schneeanhäufungen (windzugewandte Seite) verhindern, dass die Temperatur im bodennahen Bereich zu weit unter den Gefrierpunkt absinkt, relativ konstante Umweltbedingungen in und unter der Streuschicht <sup>a</sup>	teilweise schattenbevorzugende Arten, besonders bei dichten Hecken <sup>a</sup>	zahlreiche Unterschlupfmöglichkeiten im Boden und unter Steinen, Winterquartier für z.B. viele Käferarten, Igel und grabende Säugetiere, in und an lebenden und toten Pflanzenteilen sowie im Gehölzdickicht, Überwinterungsquartier v.a. für Feldarten <sup>a</sup>
Verrottende Stubben <sup>a</sup>	Wasseransammlungen in Astgabeln, Stammhöhlen und ausfallenden Wurzelstöcken <sup>a</sup>	Lebensraum für Flechten, Moose und Pilze <sup>a</sup>	Überwinterungsquartier v.a. für Waldarten, austrocknungsgefährdete Schnecken, Amphibien, teilweise Lebensraum für Wasserinsekten <sup>a</sup>
Kleinreliefelemente, Steine, Steinwälle <sup>a</sup>	Entstehung mikroklimatischer Lebensräume <sup>a</sup>	Lebensraum für spezifische Pflanzenarten z.B. Flechten oder geröllbesiedelnde Pflanzenarten <sup>a</sup>	Steine bieten Laufkäfern, Asseln, Schnecken, Amphibien und anderen Invertebraten Schutz vor Räubern und Witterungsunbilden, Lesesteinhaufen mit größeren Hohlräumen Unterschlupf für Schlangen, Eidechsen <sup>a</sup>

Insbesondere Hecken ermöglichen vielen Tier- und Pflanzenarten ein Überleben in Agrarlandschaften, da zahlreiche Tierarten in Agrarbiotopen, welche nutzungsbedingt ständig ihre Struktur verändern, nicht ganzjährig leben können und in „Inseln höherer Stabilität“ Zuflucht suchen (RÖSER 1989). Hecken in der Agrarlandschaft bilden solche Ökosysteme hoher Stabilität zwischen solchen geringer Stabilität (ZWÖLFER & STECHMANN 1989, SPAHL 1990). Des Weiteren stellen Hecken Ersatz- oder Sekundärlebensräume für Arten, deren Ursprungshabitate durch menschliche Aktivitäten verloren gingen, wie beispielsweise lichte unterwuchsreiche Wälder, strukturreiche Waldränder, Waldlichtungen und Felsgebüsche (REIF & ACHTZIGER 2000).

### 6.1.2 Tier- und Pflanzenarten, die an das Vorkommen von Hecken gebunden sind

Betrachtet man die Angaben zur Artenausstattung von Farn- und Samenpflanzen in Hecken in Sachsen im Vergleich zu anderen Biotopkomplexen (Tabelle 12), so fällt auf, dass Hecken sowohl eine hohe Anzahl an Arten insgesamt als auch mit 47,6 % einen erheblichen Anteil an Arten aufweisen, die nur in diesem Biotoptyp vorkommen.

Tabelle 12: Artenausstattung und Gefährdung von Farn- und Samenpflanzen in Sachsen in ausgewählten Biotoptypenkomplexen (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT 2007)

<b>Biotoptypkomplex</b>	<b>Arten gesamt</b>	<b>gefährdete Arten gesamt</b>	<b>Arten, die nur in diesem Biotoptypenkomplex vorkommen</b>	<b>gefährdete Arten, die nur in diesem Biotoptypenkomplex vorkommen</b>
Hecken und Säume	574	210	100 (47,6%)	16 (16,0%)
Wälder	603	278	116 (41,7%)	71 (62,2%)
Grünland	437	184	67 (36,4%)	18 (26,9%)
Heiden, Mager- und Trockenrasen	433	276	70 (25,4%)	41 (58,6%)

Das bedeutet, dass besonders den in Hecken vorkommenden Farn- und Blütenpflanzen bei der Beseitigung der Struktur kein vergleichbares Ausweichhabitat zur Verfügung steht und dies demzufolge zum Rückgang beziehungsweise zum totalen Verlust dieser Art führen kann. RINGLER et al. (1997) weisen darauf hin, dass Heckengesellschaften mit Ausnahme bestimmter Waldränder keine sonstigen Vorkommensorte besitzen und dadurch diese Pflanzengesellschaften teilweise gefährdet sind. Hecken können nicht primär als charakteristische Standorte gefährdeter Pflanzenarten angesehen werden (RINGLER et al. 1997). Im Gegensatz zu anderen Biotoptypen wie zum Beispiel Wälder oder Heiden, Mager- und Trockenrasen sind nur 16 % der in Hecken vorkommenden Pflanzen gefährdete Arten

nach der Roten Liste Sachsens (Tabelle 12). Dennoch haben sie vor allem in waldarmen Gebieten eine wichtige Funktion als Rückzugsbiotope für Waldpflanzen. Dies gilt besonders für weite Bereiche des Erzgebirges, in denen naturnahe Wälder (vgl. Kapitel 4.8 „Aktuelle Landnutzung“) vielerorts durch artenarme Fichtenforsten ersetzt wurden, beziehungsweise für Gegenden mit überwiegend agrarischer Struktur, in denen Waldhabitate gänzlich fehlen.

Durch die zumeist xerothermen Bedingungen und die zahllosen, meist kleinräumigen und sehr unterschiedlichen Nischen stellen Waldmäntel, -säume und Hecken bevorzugte Schmetterlingshabitate dar (HACKER 1998). Viele der einheimischen Großschmetterlinge sind an das Vorhandensein von vor allem Waldmänteln und -säumen und aber teilweise auch Heckenstrukturen gebunden (Tabelle 13).

Tabelle 13: Übersicht über die an Waldmänteln, -säumen und Hecken gebundenen Großschmetterlingsarten (nach HACKER 1998)

Art	Anzahl an Arten	Anteil an allen in Deutschland vorkommenden Arten
Großschmetterlinge gesamt	317	21%
Tagfalter	29	19%
Spinner und Schwärmer	46	23%
Eulenfalter	114	18%
Spanner	128	25%

Auch zahlreiche Vogelarten sind an Heckenstrukturen gebunden. Besonders die Gilde (Arten mit gleicher Ressourcennutzung) der Hecken- und Gebüschbrüter ist vor allem in strukturarmen Gebieten auf Hecken zur Sicherung des Bruterfolges und somit zum Erhalt ihrer Populationen angewiesen (Tabelle 14).

Tabelle 14: Übersicht über Hecken- und Gebüschbrüter trockener und feuchter Standorte (nach STICKROTH et al. 2003) und deren Einordnung nach der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands (SÜDBECK et al. 2007) und Sachsens (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 1999)

Vogelart	Trockenstandorte	Feuchtstandorte	Rote Liste Deutschland	Rote Liste Sachsen
Amsel ( <i>Turdus merula</i> )	x	x	-	-
Baumpieper ( <i>Anthus trivialis</i> )	x		V	V
Beutelmeise ( <i>Remiz pendulinus</i> )		x	-	-
Bluthänfling ( <i>Carduelis cannabina</i> )	x	x	V	V
Braunkehlchen ( <i>Saxicola rubetra</i> )	(x)	x	3	3
Buchfink ( <i>Fringilla coelebs</i> )	x	x	-	-
Dorngrasmücke ( <i>Sylvia communis</i> )	x	x	-	V
Elster ( <i>Pica pica</i> )	x	x	-	-
Fasan ( <i>Phasianus colchicus</i> )	x	x	-	-
Feldschwirl ( <i>Locustella naevia</i> )	x	x	V	-

Vogelart	Trocken-standorte	Feucht-standorte	Rote Liste Deutschland	Rote Liste Sachsen
Feldsperling ( <i>Passer montanus</i> )	x		V	V
Fitis ( <i>Phylloscopus trochilus</i> )	x	x	-	V
Gartengrasmücke ( <i>Sylvia borin</i> )	x	x	-	V
Gelbspötter ( <i>Hippolais icterina</i> )		x	-	V
Goldammer ( <i>Emberiza citrinella</i> )	x	x	-	V
Graumammer ( <i>Miliaria calandra</i> )	x	x	3	2
Grünfink ( <i>Carduelis chloris</i> )	(x)	x	-	V
Heckenbraunelle ( <i>Prunella modularis</i> )	x	x	-	V
Karmingimpel ( <i>Carpodacus erythrinus</i> )	(x)	x	-	R
Klappergrasmücke ( <i>Sylvia curruca</i> )	x	x	-	V
Kuckuck ( <i>Cuculus canorus</i> )	x	x	V	V
Mönchsgrasmücke ( <i>Sylvia atricapilla</i> )	x	x	-	-
Nachtigall ( <i>Luscinia megarhynchos</i> )	x	x	-	-
Neuntöter ( <i>Lanius collurio</i> )	x	x	-	-
Ortolan ( <i>Emberiza hortulana</i> )	x		3	2
Orpheusspötter ( <i>Hippolais polyglotta</i> )	(x)		-	-
Rebhuhn ( <i>Perdix Perdix</i> )	x		2	2
Rohrammer ( <i>Emberiza schoeniclus</i> )		x	-	-
Rotkehlchen ( <i>Erithacus rubecula</i> )	x	x	-	-
Schlagschwirl ( <i>Locustella fluviatilis</i> )	x	x	-	3
Schwarzkehlchen ( <i>Saxicola torquata</i> )	x	(x)	V	R
Sperbergrasmücke ( <i>Sylvia nisoria</i> )	x	(x)	-	3
Sprosser ( <i>Luscinia luscinia</i> )	x	x	-	R
Sumpfrohrsänger ( <i>Acrocephalus palustris</i> )	x	x	-	-
Steinkauz ( <i>Athene noctua</i> )		(x)	2	1
Turteltaube ( <i>Streptopelia turtur</i> )	x	x	3	-
Zaunammer ( <i>Emberiza cirius</i> )	x		2	-
Zaunkönig ( <i>Troglodytes troglodytes</i> )	x	x	-	-
Zippammer ( <i>Emberiza cia</i> )	x		1	-
Zilpzalp ( <i>Phylloscopus collybita</i> )	x	(x)	-	-
x = zugehörig, (x) = eingeschränkt zugehörig				
Rote Listen: 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, R = extrem selten, V = zurückgehend (Vorwarnliste)				

### 6.1.3 Vielfältige Funktionen von Hecken

Wie auch Feldgehölze erfüllen Hecken zahlreiche ökologische Funktionen (nach BLAB 1993):

- Ansitz-, und Singwarte, Rendezvousplatz
- Deckung und Schutz vor Bewirtschaftung, Witterung, Feinden,
- Relaisstation und Leitstrukturen
- Winterquartiere für Feldtiere,
- Kammerung der Landschaft, Erhöhung der Strukturvielfalt,
- Lebensstätte, Teillebensstätte, Nahrungsreservoir

und bilden durch den starken standörtlichen Gradienten und die enge Verzahnung mit dem Umland ein Komplexhabitat für zahlreiche Tierartengruppen (REIF & ACHTZIGER 2000).

Tabelle 15 zeigt, welche vielfältigen tierökologischen Funktionen Hecken erfüllen können (REIF & ACHTZIGER 2000).

Dabei sind die Funktionen durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet (ZWÖLFER & STECHMANN 1989, REIF & ACHTZIGER 2000):

- Besiedeltes Stratum - Lebensraum
- Trophische Funktion - Nahrungsreservoir für Frucht-, Blatt- und Knospenfresser, Blütenbesucher, Honigtaukonsumenten, Räuber und Parasitoide
- Struktur-Funktion – Möglichkeiten für den Bau von Nestern, Fangnetzen, zur Nahrungssuche, Eiablage, Reviermarkierung und –kontrolle (Singwarten, Aussichtswarten), Sonnplätze
- Refugial-Funktion – kurzfristiger Unterschlupf, Tagesverstecke und Ausweichbiotope zur Überdauerung ungünstiger Bedingungen im Umland, beispielsweise Ausweichnahrung/-wirte vor und nach der Ernte, Überwinterungsquartiere
- Stützpunkt-Funktion – Ausgangsbasis für die Besiedlung des Umlandes (Habitatwechsel) beziehungsweise für Streifzüge in die angrenzenden Flächen, Teillebensraum
- Verbund-Funktion – Korridor- und Brückenfunktion zur Vernetzung isolierter Gehölzbestände, Trittstein- und Leitfunktionslinien für die Orientierung, Ausbreitung und Wanderung von Tieren

Sowohl diese Vielfalt an ökologischen Funktionen, welche eine Hecke in der Agrarlandschaft erfüllt, als auch der hohe Tier- und Pflanzenreichtum machen Hecken zu einem der bedeutendsten Biotope in der Kulturlandschaft. Ihnen kommt eine besondere Bedeutung für den Erhalt der Tierartenvielfalt in Mitteleuropa zu (ZWÖLFER & STECHMANN 1989). Die Beseitigung von Heckenstrukturen würde somit, durch den Verlust dieses vielfältigen Lebensraumes, einen Rückgang der Artenzahlen nach sich ziehen.

---

Tabelle 15 (nächste Seite): Funktionen von Hecken und Tiergruppen (aus REIF & ACHTZIGER 2000); Besiedeltes Stratum: G = Gehölzschicht, K = Krautschicht, B = Bodenoberfläche; Trophische Funktion: Überwiegend genutzte Nahrung: B = Blätter, N = Blütennektar, F = Früchte, P = Pflanzensaft, S = Samen, K = Knospen, Z = Zweige, T = tierische Nahrung (Beutetiere), W = Wirtstiere; Struktur-Funktion: N = Raum für Nahrungssuche, Ne = Nester, F = Fangnetze, A = Aussichtswarten, S = Sonnplätze; Refugial-Funktion: V = Versteck, Unterschlupf, A = Ausweichnahrung/-beute/-wirte, Ü = Überwinterung; Stützpunkt-Funktion: A = Ausgangsbasis, H = Habitatwechsel im Laufe des Lebenszyklus, T = Teillebensraum; Verbund-Funktion: W = Wanderungs-/Ausbreitungsstruktur, O = Orientierungs- oder Leitlinie; in Klammern (): weniger wichtig oder nur zeitweise wichtig; ? = fraglich

Tabelle 15: Funktionen der Hecke und Tiergruppen (aus REIF &amp; ACHTZIGER 2000)

Tiergruppe	Beispiele für Arten oder Artengruppen	Besiedeltes Stratum	Trophische Funktion	Struktur-Funktion	Refugial-Funktion	Stützpunkt-Funktion	Verbund-Funktion
<b>Säugetiere</b>	Marderartige	B	T	N	VU	AT	W
	Nagetiere	BK	S(T)	NNe	VU	(A)T	W
	Spitzmäuse	B	B	N	VU	AT	W
	Hasenartige/Rehe		BKZ		(V)		
	Fledermäuse	-	(T)			T	O
	Vögel	GK (B)	FT	NNeA	VA	AT	(W)
	Reptilien	B	T	S	V	T	(W)
	Amphibien	KB	T	N	V	T	WO
	Landschnecken	(G)KB	B	N	VU	T	W
<b>Insekten</b>	Spinnen	GK	T	NF	U	A	
				N	VU		
	Schmetterlinge	GK	BNK	NS	VAU	T	WO
	Springeschrecken	GK	BT	N	VU		?W
	Ohrwürmer	G	T	N	U	AT	
	Netzflügler	GK	T	N	V(U)	A	
	Blattläuse	GK	P	N	U	H	
	Blattflöhe	G	P	N	U		
	Zikaden	GK	P	N	U	T	
	Wanzen	GK	PFS T	N	(V)U VAU	A(H)	
		GK		N			
	Käfer	GK	BK	N	VAU		
		GK	T(P)	N	(U)	HAT	W
		O	T(P)	N	VAU	AT	W
	Hautflügler	GK	BT	N	VAU		
		GK	W	N	A	AT	
		GK B	TPW	N	VA	AT	
<b>Zweiflügler</b>		GK	NFT	N	U		
		GK	T	N	Ü	HA	
		G	W	N	A	A	

### 6.1.4 Auswirkungen von Heckenbeseitigungen

In den letzten Jahrzehnten haben sich Zahl und Fläche von Heckenstrukturen und ihre Verteilung innerhalb der Flur stark verändert (vgl. Kapitel 5 „Entwicklung und Verbreitung von Hecken im Erzgebirge“). Landschaftselemente wie Hecken stehen der Bildung großer, regelmäßig geformter und homogener Produktionseinheiten im Weg. Sie sind durch den Verlust ihrer früheren Funktionen für die Landwirtschaft (Abgrenzung, Holzlieferant) zum Bewirtschaftungshindernis geworden (ROTH & SCHWABE 1998). Besonders seit 1945 wurden im Zuge der Intensivierung der Landwirtschaft und der damit verbundenen Mechanisierung und Vergrößerung der Schläge „nutzlose“ Kleinstrukturen wie etwa Hecken in großem Umfang beseitigt (Tabelle 16).

Tabelle 16: Abnahme der Heckenstrukturen in ausgewählten Gebieten in Deutschland und Europa (eigene Zusammenstellung)

Abnahme	Gebiet	Zeitraum	Quelle
Totalverlust fast 100%	nordwestliches Niedersachsen		WEBER (1985) in REIF & ACHTZIGER (2000)
Heckendichte um 64 %	Muschelkalkgebiete		RÖSER (1989)
Heckendichte um 50%	Oberfranken	1950-1970	REIF et al. (1982)
Heckendichte um 49 %	Liasgebiet in Oberfranken		RÖSER (1989)
Reduktion der Knicks um 39% von 75 000 km auf 46 000 km	Norddeutschland	1950-1983	REIF & AULIG (1990)
Reduktion der Heckenlänge um 43%	Frankreich	1975-1985	SOLARGO (2000),
Verlust von 200 000 km Hecke (28 000 km <sup>2</sup> )	Bretagne / Frankreich	1949-1999	MEROT (1999)
Reduktion der Heckenlänge um 23%	Großbritannien	1984-1990	SOLARGO (2000)
Reduktion der Heckenlänge um 46%	Katalonien-Spanien	1957-1987	SOLARGO (2000)
Reduktion der Heckenlänge um 14%	Irland	1937-1984	SOLARGO (2000)

Für alle Regionen Deutschlands und in weiten Teilen Europas konnten dramatische Verluste an Hecken der unterschiedlichen Typen festgestellt werden. Die Bandbreite reicht dabei von 29,6 % seit Ende des 18. Jahrhunderts im Nordwestdeutschen Tiefland bis hin zu einem Verlust von 99,8 % seit 1959 in den alpinen Untersuchungsflächen (RIECKEN et al. 2006). Für alle Regionen belegen die Literaturangaben teils dramatische Rückgänge von Hecken in den letzten ca. 100 Jahren (REIF et al. 1982, REIF & AULIG 1990, RINGLER et al. 1997). Die Verlustraten liegen im Durchschnitt zwischen 21 % (Südwestliche Mittelgebirge) und 68 % (Nordwestdeutsches Tiefland, Alpenvorland). Im Zuge der Beseitigung von Hecken ist ein

großer Teil von Pflanzen- und Tierarten bedroht, da ihre Lebensräume stark verändert oder ganz verschwunden sind (RÖSER 1989, RINGLER et al. 1997).

Eine Studie auf der Basis einer nach Ursachen-Komplexen gegliederten bundesweiten Umfrage unter Art-Experten und Mitgliedern von Fachverbänden ermittelte die Gefährdungsursachen für planungsrelevante Tiergruppen der Roten Liste Deutschlands (GÜNTHER et al. 2005). Hierbei wurden in einem Fragebogen die konkret beobachteten Ursachen für den Rückgang oder das Erlöschen von Populationen der einzelnen Arten ermittelt.

Tabelle 17 stellt die Ergebnisse dieser Studie für die Gefährdungsursache „Beseitigung von Hecken, Knicks und Steinrücken“ nach Tiergruppen dar.

Tabelle 17: Einordnung der Gefährdungsursache Beseitigung von Hecken, Knicks und Steinrücken (nach GÜNTHER et al. 2005)

<b>Tiergruppe</b>	<b>Rang (von 50)</b>	<b>Anzahl oder Anteil betroffener Arten</b>
Säugetiere ( <i>Mammalia</i> )	Rang 6	27
Vögel ( <i>Aves</i> )	Rang 31	35
Reptilien ( <i>Reptilia</i> )	Rang 13	4
Amphibien ( <i>Amphibia</i> )	Rang 40	9

Bei den Gefährdungsursachen für den Rückgang von Säugetieren und Reptilien nimmt die Beseitigung von Hecken, Knicks und Steinrücken mit dem Rang 6 beziehungsweise dem Rang 13 einen der vorderen Rangplätze ein, sie wurden von den befragten Experten als eine der vorrangigen Gefährdungsursachen für den Bestandsrückgang von Tierarten genannt. Die betroffenen Arten sind mit den Angaben zur Gefährdungsstufe in Tabelle 18 aufgeführt nach der Einordnung in synoptische Häufigkeitsklassen und dem Gefährdungsstatus nach der Roten Liste Deutschlands (nach BINOT et al. 1998) und Sachsens (nach SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 1999)

Tabelle 18: Übersicht über Tierarten, die durch die Gefährdungsursache „Beseitigung von Hecken, Knicks und Steinrücken“ in der Untersuchung von GÜNTHER et al. (2005) genannt wurden und deren Einordnung nach der Roten Liste Deutschlands (BINOT et al. 1998), der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands (SÜDBECK et al. (2007) und Sachsens (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 1999) - die dick hervorgehobenen Arten kommen im Untersuchungsgebiet vor (Datengrundlage Verbreitung der Rote Liste Arten Sachsens LfULG 2011)

<b>Tierart</b>	<b>Gefährdungsstufe nach synoptischer Häufigkeitsklasse</b>	<b>Rote Liste Deutschland</b>	<b>Rote Liste Sachsen</b>
Säugetiere			
<b>Baummarder</b> ( <i>Martes martes</i> )	2	V	3
<b>Feldhamster</b> ( <i>Cricetus cricetus</i> )	1	2	1
<b>Feldhase</b> ( <i>Lepus europaeus</i> )	2	3	3
Feldspitzmaus ( <i>Crocidura leucodon</i> )	2	3	-



Tierart	Gefährdungsstufe nach synoptischer Häufigkeitsklasse	Rote Liste Deutschland	Rote Liste Sachsen
<b>Mauswiesel</b> ( <i>Mustela nivalis</i> )	3	V	V
<b>Iltis</b> ( <i>Mustela putorius</i> )	2	V	3
Wildkatze ( <i>Felis silvestris</i> )	2	2	0
<b>Zwergmaus</b> ( <i>Micromys minutus</i> )	1	V	V
Fledermäuse			
<b>Bechsteinfledermaus</b> ( <i>Myotis bechsteinii</i> )	3	3	R
<b>Graues Langohr</b> ( <i>Plecotus austriacus</i> )	4	2	2
<b>Große Bartfledermaus</b> ( <i>Myotis brandtii</i> )	3	2	2
<b>Großes Mausohr</b> ( <i>Myotis myotis</i> )	3	3	2
<b>Kleinabendsegler</b> ( <i>Nyctalus leisleri</i> )	1	G	R
<b>Kleine Hufeisennase</b> ( <i>Rhinolophus hipposideros</i> )	3	1	1
<b>Mopsfledermaus</b> ( <i>Barbastella barbastellus</i> )	2	1	1
Vögel			
<b>Baumfalke</b> ( <i>Falco subbuteo</i> )	2	3	2
<b>Baumpieper</b> ( <i>Anthus trivialis</i> )	2	V	V
<b>Birkhuhn</b> ( <i>Tetrao tetrix</i> )	2	2	1
<b>Bluthänfling</b> ( <i>Carduelis cannabina</i> )	4	V	V
<b>Braunkehlchen</b> ( <i>Saxicola rubetra</i> )	2	3	3
<b>Dorngrasmücke</b> ( <i>Sylvia communis</i> )	4	-	V
<b>Feldsperling</b> ( <i>Passer montanus</i> )	5	V	V
<b>Gartenrotschwanz</b> ( <i>Phoenicurus phoenicurus</i> )	1	-	V
<b>Grauammer</b> ( <i>Miliaria calandra</i> )	4	3	2
Grauspecht ( <i>Picus canus</i> )	1	2	-
Großtrappe ( <i>Otis tarda</i> )	2	1	0
Grünspecht ( <i>Picus viridis</i> )	1	V	-
<b>Haussperling</b> ( <i>Passer domesticus</i> )	1	V	V
<b>Heidelerche</b> ( <i>Lullula arborea</i> )	1	V	2
<b>Kuckuck</b> ( <i>Cuculus canorus</i> )	2	V	V
Neuntöter ( <i>Lanius collurio</i> )	4	-	-
<b>Ortolan</b> ( <i>Emberiza hortulana</i> )	3	3	2
<b>Pirol</b> ( <i>Oriolus oriolus</i> )	1	V	V
<b>Raubwürger</b> ( <i>Lanius excubitor</i> )	4	2	2
<b>Rauchschwalbe</b> ( <i>Hirundo rustica</i> )	1	V	V
<b>Rebhuhn</b> ( <i>Perdix perdix</i> )	4	2	2
Rotkopfwürger ( <i>Lanius senator</i> )	5	1	2
Rotmilan ( <i>Milvus milvus</i> )	1	-	-
<b>Schafstelze</b> ( <i>Motacilla flava</i> )	1	-	3
<b>Schwarzkehlchen</b> ( <i>Saxicola torquata</i> )	4	V	R
Schwarzstirnwürger ( <i>Lanius minor</i> )	2	0	0
<b>Steinkauz</b> ( <i>Athene noctua</i> )	4	2	1
<b>Steinschmätzer</b> ( <i>Oenanthe oenanthe</i> )	3	1	2
Turteltaube ( <i>Streptopelia turtur</i> )	2	3	-
<b>Uhu</b> ( <i>Bubo bubo</i> )	2	-	2
<b>Wachtel</b> ( <i>Coturnix coturnix</i> )	1	-	3
<b>Wendehals</b> ( <i>Jynx torquilla</i> )	1	2	2
<b>Wiedehopf</b> ( <i>Upupa epops</i> )	2	2	1
Zaunammer ( <i>Emberiza cirlus</i> )	4	2	-
Zippammer ( <i>Emberiza cia</i> )	2	1	-

Tierart	Gefährdungsstufe nach synoptischer Häufigkeitsklasse	Rote Liste Deutschland	Rote Liste Sachsen
Reptilien			
<b>Glattnatter</b> ( <i>Coronella austriaca</i> )	3	2	2
<b>Kreuzotter</b> ( <i>Vipera berus</i> )	3	2	2
<b>Ringelnatter</b> ( <i>Natrix natrix</i> )	3	3	3
<b>Zauneidechse</b> ( <i>Lacerta agilis</i> )	3	3	3
Amphibien			
<b>Feuersalamander</b> ( <i>Salamandra salamandra</i> )	1	V	2
Grasfrosch ( <i>Rana temporaria</i> )	1	V	V
<b>Kammolch</b> ( <i>Triturus cristatus</i> )	1	3	2
<b>Knoblauchkröte</b> ( <i>Pelobates fuscus</i> )	1	2	3
Kreuzkröte ( <i>Bufo calamita</i> )	1	3	2
<b>Laubfrosch</b> ( <i>Hyla arborea</i> )	2	2	3
<b>Moorfrosch</b> ( <i>Rana arvalis</i> )	2	2	3
Rotbauchunke ( <i>Bombina bombina</i> )	1	1	2
<b>Wechselkröte</b> ( <i>Bufo viridis</i> )	1	2	2
Synoptische Häufigkeitsklassen: 1 = Gefährdungsursache mit sehr geringem Gewicht bzw. sehr selten genannt, 2 = Gefährdungsursache mit geringem Gewicht bzw. selten genannt, 3 = Gefährdungsursache mit mittlerem Gewicht bzw. mäßig häufig genannt, 4 = Gefährdungsursache mit hohem Gewicht bzw. oft genannt, 5 = Gefährdungsursache mit sehr hohem Gewicht bzw. sehr oft genannt			
Rote Listen: 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, R = extrem selten, V = zurückgehend (Vorwarnliste), G = Gefährdung anzunehmen, aber Status unbekannt			

Die dick hervorgehobenen Tierarten kommen im Untersuchungsgebiet vor (Datengrundlage Verbreitung der Rote Liste Arten Sachsens LfULG 2011). Arten, welche durch die Beseitigung von Heckenstrukturen (synoptische Häufigkeitsklasse 4) im Untersuchungsgebiet als besonders sensitiv eingeordnet und nach der Roten Liste Sachsens als extrem seltene (R), vom Aussterben bedrohte (1) oder als stark gefährdete Arten (2) eingestuft werden, sind: Graues Langohr, Grauammer, Raubwürger, Rebhuhn, Schwarzkehlchen und Steinkauz. Es ist daher davon auszugehen, dass Heckenbeseitigungen im Untersuchungsgebiet auf den Bestand und Erhalt dieser besonders gefährdeten Tierarten einen großen Einfluss haben und in deren Rückgang resultieren.

GÖRNER & WEGENER (1978) konnten einen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Vogelbestände in den letzten Jahrzehnten und dem Rückgang der Flurelemente in Thüringen nachweisen. Abbildung 46 zeigt, wie fast parallel mit dem Rückgang von Flurelementen auch die Siedlungsdichte der Vögel zurückgeht.

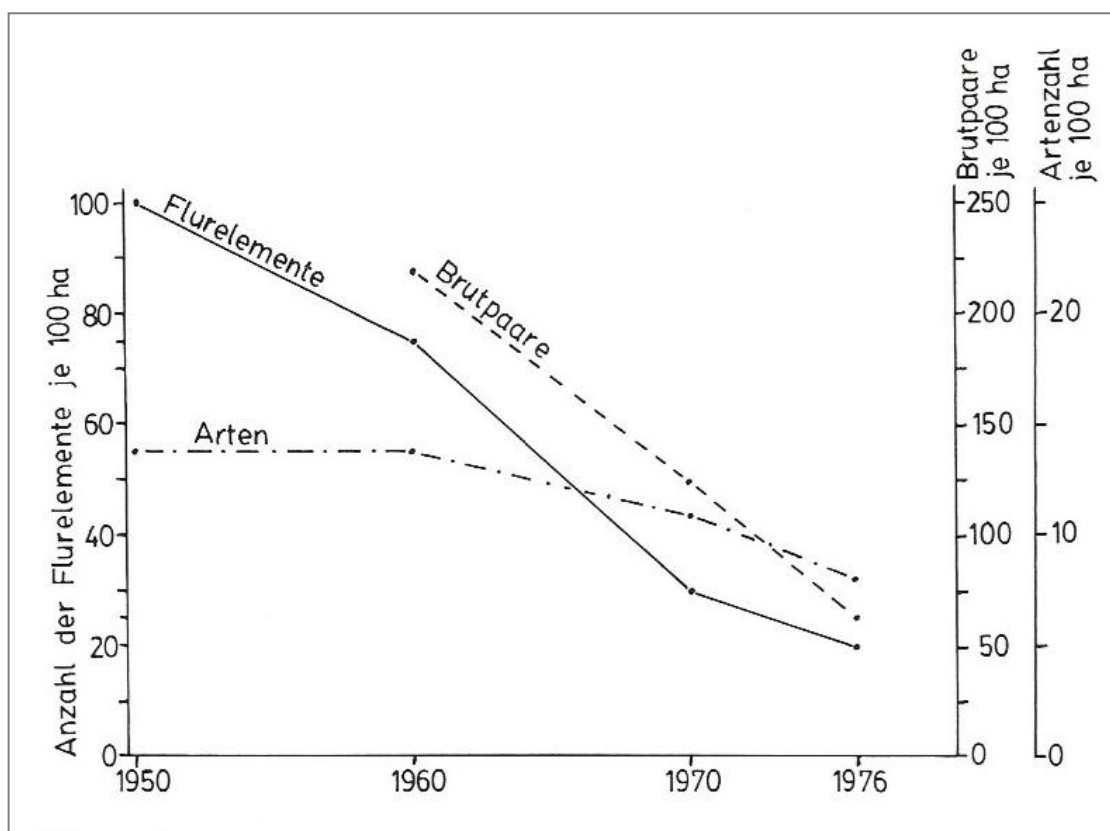


Abbildung 46: Abhängigkeit der Brutvogeldichte und Vogelartenzahl von der Anzahl ökologischer Zellen (aus GÖRNER & WEGENER 1978)

Der Rückgang der Arten vollzieht sich zwar wesentlich langsamer (1960 bis 1976 von 14 auf 8 Arten), zeigt aber einen ähnlichen Trend wie die Flurelemente. Inwieweit diese Ergebnisse nur auf den Rückgang von Flurelementen oder die allgemeine Intensivierung der Landwirtschaft seit 1950, besonders durch den erhöhten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, zurückzuführen sind, lässt sich anhand dieser Untersuchung aber nicht eindeutig klären. Ein weiterer hier nicht berücksichtigter Aspekt könnte auch in einer Habitatverschlechterung der Hecken durch Nutzungsaufgabe, dem durchwachsen der Strauchbaumhecken zu artenarmen Baumhecken, begründet liegen.

Die Ausräumung der Agrarlandschaft durch die Vernichtung von Gehölzstrukturen ist eine der größten Gefährdungsursachen für den Rückgang von zahlreichen Tier- und Pflanzenarten. Da gerade dieser Biototyp von einem außerordentlichen Artenreichtum geprägt ist (vgl. Kapitel 6.1.1 „Große Artenvielfalt auf kleinstem Raum“), wirkt sich die Degradierung oder Zerstörung besonders dramatisch aus. Hecken stellen unverzichtbare Lebensräume für zahlreiche Arten dar und übernehmen eine wichtige Funktion innerhalb des biologischen Arten- und Diversitätsschutzes sowie für den Biotopverbund.

Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG 2010) schreibt fest, dass ein Netz verbundener Biotope (Biotopverbund) geschaffen werden soll, welches mindestens 10 Prozent der Fläche

eines jeden Landes umfassen soll. Dabei stellen besonders Hecken ein wichtiges Instrument der Umsetzung dieses Biotopverbundzieles dar.

## 6.2 Bewertung von Heckenstrukturparametern

Tiere können Hecken nur dann nutzen, wenn die Heckenstrukturen den Habitatansprüchen der betreffenden Tierart entsprechen. Die Entscheidung über die Eignung einer Habitatstruktur erfolgt über das Individuum. Dennoch lassen sich artspezifische Präferenzen zuordnen, die mit dem Vorhandensein bestimmter Strukturen oder Ressourcen verbunden sind (BARKOW 2001)

Anhand einer Literaturrecherche wurde versucht, die wesentlichen Heckenstrukturparameter zu ermitteln, die einen Einfluss auf die Habitatwahl von Tieren haben. Dabei wurden folgende Heckenstrukturparameter näher untersucht: Heckendichte, Gehölzartenzusammensetzung, Alter, Heckenlänge und -breite, angrenzende Nutzung, Vorkommen von Überhältern, Saumstrukturen und zusätzlichen Habitatstrukturen und die Heckenpflege.

### 6.2.1 Heckendichte in der Landschaft

HEUSINGER (1984) konnte in seinen Untersuchungen zu Vögeln in oberfränkischen Heckenlandschaften feststellen, dass mit steigender Flächendichte der Hecken die Artenmannigfaltigkeit der in der Hecke brütenden Vogelfauna signifikant ansteigt. Ab 40-50 m Hecken pro ha (entsprechend 2 % der Gesamtfläche) erhöhen sich die Werte, während sie über 80-90 m/ha Hecken nur noch in geringem Maße ansteigen und daher von ZWÖLFER et al. (1984) als „optimal“ bezeichnet werden. Bereits bei nur 1100 m/km<sup>2</sup> (entspricht 11 m/ha) sind etwa die Hälfte der Hecken-Indikatorarten zu erwarten (WÜST 1979). Studien aus England zeigen, dass der Einfluss des Verlustes von Heckenstrukturen auf das Vorkommen von Vögeln als nicht kritisch eingestuft werden kann, solange die Heckendichte nicht unter 50 m/ha fällt (O’CORNNOR & SHRUBB 1986 in MACDONALD & JOHNSON 1995).

Besonders bei typischen Heckenbewohnern mit einer starken Präferenz von Hecken als Brutplatz wie Goldammer, Dorn- und Zaungrasmücke, Heckenbraunelle und Neuntöter ist generell die Besiedlungsdichte dieser Arten umso größer, je dichter das Heckennetz ist (PUCHSTEIN 1980, ZWÖLFER et al. 1984, PFISTER & NAEF-DAENZER 1987). Hecken-Flächenanteile von unter 1% erwiesen sich in Bezug auf Brutvögel als deutlich defizitär (PFISTER & NAEF-DAENZER 1987). ZWÖLFER et al. (1984) fordern einen Flächenbedarf von 3-4% des jeweiligen Areals mit Mindestnetzdichten von Saum- und Kleinbiotopen von 250 m x 500 m und einen Anteil von 10% der Fläche in landwirtschaftlich genutzten Gebieten für

Kleinbiotope unterschiedlichster Prägung. Ein Anteil von 5-10% an Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft wird von VOIGTLÄNDER et al. (2001) empfohlen. Isolierte Gehölze in extrem ausgeräumten Landschaften weisen gegenüber vernetzten Biotopen häufig einen geringeren Artenreichtum und eine geringere Besiedlungsdichte auf. Hinweise dafür finden sich in den Gruppen der Insekten und Vögel (REIF & ACHTZIGER 2000). Aktionsradien von Tieren sind besonders interessant für die Fragestellung, ob die Entfernung zwischen isolierten Einzelebensräumen (hier Hecken) überbrückt werden können oder wie tief gehölbewohnende Prädatoren und Parasiten in die umgebenden Agrarflächen einzudringen vermögen (BASTIAN & SCHREIBER 1999).

Betrachtet man als Kriterium für Vernetzung die Abstände zwischen den einzelnen Heckenstrukturen, so werden von verschiedenen Autoren unterschiedliche Aussagen getroffen (Tabelle 19). Abstände von bis zu 250 m von den meisten Vogelarten überflogen (PEITZMEIER 1950), aber Schläge von mehr als 300 m Länge bieten kaum Lebensmöglichkeiten für strukturabhängige Arten (BROOGI & SCHLEGEL 1989). Bei Abständen von 50-75 m können noch anspruchsvolle Heckenarten wie Grasmücken und Würger, bis etwa 150 m sonstige zurückgehende und bedrohte Arten vorkommen (BROOGI & SCHLEGEL 1989). SPREIER (1984) gibt für Carabiden eine Maximalentfernung von 200 m an, wenn eine selbstständige Besiedlung möglich sein soll.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass ein dichtes Netz von Hecken mit 80-90 m/ha und einem Abstand der Hecken untereinander von 100-150 m gute Lebensbedingungen für Heckenarten bietet. Dabei ist zu beachten, dass bei 80 m/ha immer noch Felder von bis zu 8 ha Größe möglich sind und dabei auch an Großlandwirtschaftsmaschinen angepasste Längen-/Breiten-Verhältnisse der Felder zu erreichen sind. Die von der Landwirtschaft gestellte Forderung nach weitgehend ungestörtem Technikeinsatz ist damit auch in einer Heckenlandschaft erfüllbar (KNAUER 1990).

### **Situation im Untersuchungsgebiet**

Die Analysen zur Heckendichte im Untersuchungsgebiet (vgl. 5.2.4 „Heckendichte“) zeigten, dass die Heckendichten regional sehr unterschiedlich sind. Auf nur knapp 10 % der Fläche des Untersuchungsgebietes kommen überhaupt Hecken vor, diese weisen dann aber teilweise eine hohe bis sehr hohe Dichte auf, wie beispielsweise in der Region Annaberg-Buchholz / Marienberg (250 m/ha) und der Region Lauenstein / Osterzgebirge (353 m/ha). Diese Gebiete bieten deshalb ideale Lebensbedingungen für Tiergruppen und -arten mit geringen Aktionsradien wie beispielsweise für Klein- und Heckenvögel, Spitzmäuse, Eidechsen und Laufkäfer.

Tabelle 19: Zusammenstellung von Aktionsradien von bestimmten in Heckenstrukturen vorkommenden Tiergruppen- oder -arten

Art(engruppe)	Aktionsradius	Quelle
Vögel		
Kleinvögel (Beutesuche)	100-200 m	RÖSER (1989)
Heckenvögel	400 – 800m	BLAB (1993)
Neuntöter	bis 50 m	WILDERMUTH (1986)
	40 m	SPREIER (1984), BLAB (1993)
	300-400 m	RINGLER et al. (1997)
Goldammer	bis 150 m	WILDERMUTH (1986)
Kohlmeise	bis 250 m	SPREIER (1984), BLAB (1993)
Feldsperling	bis 300 m	SPREIER (1984), BLAB (1993)
Säugetiere		
Spitzmäuse	bis 20m	RÖSER (1989)
	bis 200m	WILDERMUTH (1986)
	4000 m	PAN (2006)
Mauswiesel	bis 150 m	WILDERMUTH (1986)
Igel	bis 250 m	WILDERMUTH (1986)
Brandmaus	280 m	PAN (2006)
Hermelin	bis 300 m	WILDERMUTH (1986)
Kleinsäuger	400 – 800m	BLAB (1993)
Gelbhalsmaus	480 m	PAN (2006)
Waldmaus	500 m	PAN (2006)
Steinmarder	bis 1000 m	WILDERMUTH (1986)
Fuchs	bis 1000 m	BASTIAN/SCHREIBER (1999)
	> 1000m	WEBER (2003)
Erdmaus	1400 m	PAN (2006)
Haselmaus	1600 m	PAN (2006)
Amphibien		
Erdkröte	bis 150 m	WILDERMUTH (1986)
Reptilien		
Mauereidechse	100 m	PAN (2006)
Zauneidechse	300 m	PAN (2006)
Insekten		
Laufkäfer	bis 50 m	WILDERMUTH (1986)
	bis 150 m	SPREIER (1984)
	bis 200 m	VOIGTLÄNDER (2001)
Ameisen	bis 50 m	BLAB (1993)

### 6.2.2 Gehölzartenzusammensetzung

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass mit der Gehölzartenmischung auch die faunistische Vielfalt der Hecke steigt (ZWÖLFER 1982). Mit steigender Gehölzartenzahl wächst das in der Hecke vorliegende Spektrum an Nistmöglichkeiten, wodurch eine steigende Zahl von Vogelarten ihre spezifischen Bedürfnisse hinsichtlich des Nests substrats und der Nesthöhe befriedigen kann (ZWÖLFER et al. 1984, SCHMIDT 1998, MACDONALD & JOHNSON 1995). Sinkt die Zahl der Gehölzarten, so wirkt sich dies infolge der unterschiedlichen Nistplatzansprüche auf die Vogelartenzahl und die Artenmannigfaltigkeit spezialisierter phytophager Insekten (insbesondere Kleinschmetterlinge und Blattläuse) sowie ihrer spezialisierten entomophagen Fressfeinde aus (ZWÖLFER et al. 1984). Der faunistische Artenreichtum von Hecken steigt mit der Gehölzartenzahl an (Wanzen, Zikaden: ACHTZIGER 1995, 1997; Rüsselkäfer: JANSEN 1992; Vögel: MACDONALD & JOHNSON 1995, SEIFERT & ZIEROLD 2000). Die jeweilige Gehölzartengarnitur wird dabei maßgeblich durch den Standort (Klima, Boden, Höhenlage) und die Nutzung, im Falle natürlicher Sukzession auch durch das Alter (Besiedlungszeit) und die Isolation bestimmt (REIF & ACHTZIGER 2000).

Eine besondere Bedeutung wird dabei der Schlehe und dem Weißdorn zugemessen, die die mit Abstand wichtigsten Nistgehölze darstellen (ZWÖLFER et al. 1984, PUCHSTEIN 1980), da sie günstig für den Schutz der Neststandorte der freibrütenden Vogelarten sind (SCHMIDT 1998). Dabei begünstigen Schlehen Vogelarten wie Grasmücken, Goldammern und Heckenbraunellen und Weißdorn Arten wie Raubwürger, Neuntöter, Grünling, Amsel (HEUSINGER 1984). Der Neuntöter benötigt sogar einen Dornstrauchanteil von mindestens einem, besser aber zwei Dritteln (RINGLER et al. 1997). Der Grund liegt wahrscheinlich in der frühen und dichten Belaubung und dem reichen Insektenleben der Dornsträucher (RINGLER et al. 1997). SCHRÖDER (1988) fand in den Knicks Schleswig-Holsteins 56 % aller Nester in Schlehe und Weißdorn bei einem geschätzten Flächenanteil dieser Arten von 30 %. Tabelle 20 zeigt die wichtigsten Straucharten und die daran beobachtete Anzahl an Vogel- und Großschmetterlingsarten.

Tabelle 21 zeigt bestimmte Straucharten und daran mehr oder weniger eng gebundenen Vogelarten.

Tabelle 20: Anzahl der Vogelarten, die bei Untersuchungen von TURCEK 1961 (in SCHMIDT 1998) an bestimmten Sträuchern und Gehölzen (in Mitteleuropa) beim Fraß vor allem von Beeren, Früchten und Knospen beobachtet wurden und Anzahl an Großschmetterlingsarten, die in den Untersuchungen von HACKER (1998) in Bayern in bestimmten Baum- und Straucharten leben

Strauchart	Vogelarten- zahl	Großschmetterlings- arten
Vogelbeere ( <i>Sorbus aucuparia</i> )	63	21
Schwarzer Holunder ( <i>Sambucus nigra</i> )	62	4
Traubenholunder ( <i>Sambucus racemosa</i> )	47	7
Faulbaum ( <i>Frangula alnus</i> )	36	16
Weißdorn ( <i>Crataegus spec.</i> )	32	57
Wildrosen ( <i>Rosa spec.</i> )	27	19
Gewöhnliches Pfaffenhütchen ( <i>Euonymus europaea</i> )	24	4
Hartriegel ( <i>Cornus sanguinea</i> )	24	3
Traubenkirsche ( <i>Prunus padus</i> )	24	21
Gemeiner Schneeball ( <i>Viburnum opulus</i> )	22	4 ( <i>Viburnum spec.</i> )
Liguster ( <i>Ligustrum vulgare</i> )	21	13
Schlehe ( <i>Prunus spinosa</i> )	20	113
Feldahorn ( <i>Acer campestre</i> )	15	8
Wolliger Schneeball ( <i>Viburnum lantana</i> )	15	4 ( <i>Viburnum spec.</i> )
Haselnuss ( <i>Corylus avellana</i> )	10	51

Tabelle 21: Bedeutung bestimmter Straucharten und der daran mehr oder weniger gebundenen im Untersuchungsgebiet vorkommende Vogelarten (nach STEFFENS et al. 1998), Angaben in Klammer Einordnung nach Rote Liste Vögel Sachsen (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 1999) (nach RÖSER 1989)

Vogelarten	Schlehe	Weißdorn	Rosen	Holunder	Eberesche
Amsel	X	X	X	X	X
Auerhuhn (1)				X	X
Birkhuhn (1)	X	X	X		X
Blaumeise		X	X	X	X
Buchfink		X		X	X
Buntspecht			X	X	X
Bussard	X				
Dohle (3)				X	X
Dorngrasmücke (V)				X	
Eichelhäher	X	X	X	X	X
Elster	X	X	X	X	X
Fasan	X	X	X	X	X
Feldschwirl				X	
Feldsperling (V)				X	X
Fichtenkreuzschnabel	X				X
Fitis (V)				X	
Gartengrasmücke (V)				X	X
Gartenrotschwanz (V)				X	X
Gelbspötter (V)				X	
Gimpel (V)		X	X	X	X
Grauschnäpper				X	
Grauspecht				X	X



Vogelarten	Schlehe	Weißdorn	Rosen	Holunder	Eberesche
Grünspecht					X
Haubenmeise (V)					X
Hausrotschwanz				X	
Haussperling (V)				X	X
Kernbeißer	X	X	X	X	X
Klappergrasmücke (V)				X	
Kleiber					X
Kohlmeise	X		X	X	X
Misteldrossel	X	X	X	X	X
Mönchsgrasmücke	X			X	X
Nachtigall				X	
Nebelkrähe	X	X	X	X	X
Pirol (V)				X	X
Rabenkrähe		X	X	X	X
Rebhuhn (2)					X
Ringdrossel (R)		X		X	
Ringeltaube	X	X		X	X
Rotkehlchen	X	X	X	X	X
Saatkrähe (3)		X	X	X	X
Schwarzspecht					X
Singdrossel (V)	X	X	X	X	X
Sperbergrasmücke (3)				X	X
Star		X	X	X	X
Steinschmätzer (2)					X
Stieglitz					X
Stockente (V)					X
Sumpfmeise (V)				X	X
Sumpfrohrsänger				X	
Tannenhäher (3)		X		X	X
Tannenmeise (V)					X
Teichrohrsänger				X	
Trauerschnäpper (V)				X	
Türkentaube (V)				X	
Turteltaube					X
Wacholderdrossel	X	X	X	X	X
Waldlaubsänger (V)				X	
Waldschnepfe					X
Wendehals				X	
Zaunkönig				X	
Zilpzalp				X	
Zwergschnäpper (R)				X	
Rote Listen Sachsens: 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, R = extrem selten, V = zurückgehend (Vorwarnliste)					

Durch die Förderung von einheimischen beerentragenden Sträuchern wird eine wichtige Nahrungsgrundlage für viele Vogelarten in vor allem strukturarmen Räumen geschaffen.

Der Vogelbestand wird trotzdem weit mehr von unterschiedlichen Strukturmerkmalen als von der Artenvielfalt der Vegetation beeinflusst (HEUSINGER in ZWÖLFER et al. 1984).

Ein Problem besonders bei neu gepflanzten Hecken ist die Verwendung von nicht-regionalem / nicht autochthonem Pflanzgut (REIF & RICHERT 1995). Hecken sollten einen großen Anteil regionaler genetischer Biodiversität enthalten, um Florenverfälschung

vorzubeugen, die Pflanzung nichteinheimischer Gehölze sollte weitgehend vermieden werden. Da diese sowohl die Eigenart der Landschaft zerstören und potenziell seltene Offenlandarten und deren Lebensräume verdrängen können, als auch die genetische Vielfalt der standortheimischen Arten gefährden und die natürlichen Areale von Tierarten verändern können, die aber von diesen Pflanzensippen abhängig sind (Bestäuber, Parasiten, Fraß-Nutzer, vgl. REIF & NICKEL 2000). Das kann das Verschwinden einiger einheimischer Gehölzarten und Ökotypen zur Folge haben (THOMAS 2009).

Arbeiten zu Makro- und Mikrostrukturparametern von Hecken im Osterzgebirge analysierten unter anderem die Zusammenhänge zwischen Gehölzartenzusammensetzung, Alter und Heckenstrukturdiversität (BRANKATSCHK 2006, ARNHOLD 2006). Dabei wurde festgestellt, dass die jungen Strauchhecken, sowie die alten, breiten Baumhecken, die höchste Dichte für Heckenarten aufweisen und dabei davon ausgegangen werden kann, dass das einen positiven Einfluss auf die avifaunistische Artenvielfalt haben dürfte.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass eine strukturreiche Hecke aus einheimischen standortgerechten Gehölzen die beste Voraussetzung für die Bereitstellung unterschiedlichster Lebensräume für unterschiedlichste Arten bildet.

### **Situation im Untersuchungsgebiet**

Im Untersuchungsgebiet stellen die Sukzessionshecken auf Lesesteinriegeln und Stufenrainen den Großteil der bestehenden Heckenstrukturen dar. Diese Hecken sind sehr vielfältig und weisen Wald-, Ruderal-, Segetal- und Wiesenarten auf (MÜLLER 1998). Teilweise sind die Bestände durch mangelnde Pflege von durchgewachsenen Bäumen wie Eberesche, Bergahorn, Esche und Vogelkirsche dominiert (NATURSCHUTZZENTRUM ANNABERG 1999). Diese Hecken können zwar durchaus floristisch und faunistisch reichhaltig sein, weisen aber nicht mehr die spezifischen ökologischen Heckeneigenschaften auf (ZWÖLFER et al. 1984).

Im Rahmen eigener Freilanduntersuchungen an verschiedenen Heckenstandorten und der Auswertung von Heckenuntersuchungen im Untersuchungsgebiet wurden die vorkommenden Gehölzarten erfasst (Tabelle 22). Die Artenzusammensetzung der Hecken im Untersuchungsgebiet ist vielfältig und abhängig von der Höhenlage, der Geologie, der Relief- und Starkwindexposition, dem Boden und der Bewirtschaftungsart (MÜLLER 1998, THOMAS 2009). Die in Tabelle 20 und Tabelle 21 aufgeführten Straucharten, welche für eine große Bedeutung für zahlreiche Vogel- und Großschmetterlingsarten haben, kommen fast alle im Untersuchungsgebiet vor. Besonders Schlehe (bis in die mittleren Lagen) und Weißdorn sind im Untersuchungsgebiet weit verbreitet und bieten zahlreichen Vögeln Nahrungsgrundlage und Nistmöglichkeiten.

Heckenpflanzungen seit 1960 sind durch mehr oder weniger viele nichteinheimische beziehungsweise gebietsfremde Gehölzarten gekennzeichnet (THOMAS 2009).

Weitere, vor allem seit 1990 gepflanzte Hecken mit einer regionaltypischen Artenzusammensetzung wurden im Zuge von Ausgleichsmaßnahmen für Bauvorhaben und als Erosionsschutzhecken im Untersuchungsgebiet gepflanzt.

Tabelle 22: Im Untersuchungsgebiet vorkommende Gehölzarten (Ergebnisse eigener Freilanduntersuchungen, SEIFERT & ZIEROLD 2000, KAPISCHKE 2008)

Im Untersuchungsgebiet vorkommende Gehölzarten	
Bergahorn ( <i>Acer pseudoplatanus</i> )	Kartoffel-Rose ( <i>Rosa rugosa</i> ) (sf)
Berg-Holunder ( <i>Sambucus racemosa</i> )	Kirschpflaume ( <i>Prunus cerasifera</i> ) (sf)
Bergulme ( <i>Ulmus glabra</i> )	Kultur-Apfel ( <i>Malus domestica</i> )
Blutroter Hartriegel ( <i>Cornus sanguinea</i> )	Pappel ( <i>Populus spec.</i> )
Eberesche ( <i>Sorbus aucuparia</i> )	Pflaume ( <i>Prunus domestica</i> )
Eingriffeliger Weißdorn ( <i>Crataegus monogyna</i> )	Robinie ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ) (sf)
Espe ( <i>Populus tremula</i> )	Salweide ( <i>Salix caprea</i> )
Pfaffenhütchen ( <i>Euonymus europaea</i> )	Gewöhnliche Schlehe ( <i>Prunus spinosa</i> )
Faulbaum ( <i>Frangula alnus</i> )	Schwarzer Holunder ( <i>Sambucus nigra</i> )
Feldahorn ( <i>Acer campestre</i> )	Späte Traubenkirsche ( <i>Padus serotina</i> ) (sf)
Gemeine Esche ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	Spitzahorn ( <i>Acer platanoides</i> )
Gemeine Fichte ( <i>Picea abies</i> )	Stiel-Eiche ( <i>Quercus robur</i> )
Gemeine Hasel ( <i>Corylus avellana</i> )	Süß-Kirsche ( <i>Prunus avium</i> )
Gewöhnlicher Liguster ( <i>Ligustrum vulgare</i> )	Trauben-Eiche ( <i>Quercus petraea</i> )
Gewöhnlicher Schneeball ( <i>Viburnum opulus</i> )	Vogel-Kirsche ( <i>Cerasus avium</i> )
Hainbuche ( <i>Carpinus betulus</i> )	Weißer Hartriegel ( <i>Cornus alba</i> )
Hängebirke ( <i>Betula pendula</i> )	Wildbirne ( <i>Prunus pyraeaster</i> )
Hecken-Rose ( <i>Rosa corymbifera</i> )	Winter-Linde ( <i>Tilia cordata</i> )
Hundsrose ( <i>Rosa canina</i> )	Zweiggriffeliger Weißdorn ( <i>Crataegus laevigata</i> )
sf = standortfremde Arten	

### 6.2.3 Alter

Strukturreiche, aus verschiedenen Arten und Altersklassen zusammengesetzte Hecken beherbergen in der Regel eine deutlich größere Tierartenvielfalt als strukturarme Gehölzbiotope (REIF & ACHTZIGER 2000). Hecken, in denen verschiedene Gehölzaltersklassen miteinander abwechseln, sind reicher an Tierarten als gleichaltrige. Am artenreichsten ist die Altersklasse zwischen 6 und 20 Jahren (ZWÖLFER et al. 1984). Allerdings brauchen Heckenneuanpflanzungen oft Jahrzehnte, bis sich eine artenreiche Fauna eingestellt hat (RÖSER 1989). So soll es rund 100 Jahre dauern, bis eine zusätzliche Strauchart in eine Hecke einwandert (RINGLER et al. 1997). Alte Gehölzbiotope weisen zumeist einen höheren Tierartenreichtum als jüngere Biotope auf. Unabhängig von der Entstehungsgeschichte beherbergen alte Hecken, abgesehen von einzelnen Spezialfällen, grundsätzlich mehr Arten als junge (RINGLER et al. 1997). So ist etwa die Insektenfauna von Heckenpflanzungen in den

ersten Jahren im Vergleich zu alten Gehölzbiotopen noch deutlich ärmer. Es überwiegen dort ökologisch anspruchslose Besiedler von Kräutern und Gehölzen. Erst nach Kronenschluss der Gehölze treten verstärkt typische Gehölzbesiedler auf. Bei guter struktureller Entwicklung der Gehölze kann sich die Fauna nach etwa 10 Jahren allmählich an die von alten Hecken annähern, wie dies für die Gruppe der Wanzen und Zikaden gezeigt werden konnte (ACHTZIGER 1995, REIF & ACHTZIGER 2000). In der Regel kann dieser Besiedlungsprozess in Abhängigkeit von Mobilität und Besiedlungsfähigkeit der Tiergruppe mehrere Jahrzehnte andauern. Besonders immobile Arten mit geringem Besiedlungsvermögen sind auf alte Gehölzstrukturen mit langer „Faunentradition“ angewiesen, wie etwa Landschnecken, xylobionte Käfer oder Bodentiere (REIF & ACHTZIGER 2000).

Verschiedene Vogelarten nutzen unterschiedliche Altersklassen von Heckensträuchern. Stark überalterte Hecken sind allerdings meist vogelärmer als jüngere (RINGLER et al. 1997). Bei Untersuchungen von SEIFERT & ZIEROLD (2000) in Steinrückenhecken im Gebiet Großrückerswalde (mittleres Erzgebirge) konnte festgestellt werden, dass geschlossene und gleichstrukturierte Hecken die Vogelarten nicht begünstigen, aber artenreiche und unterschiedlich strukturierte Hecken durchaus einen positiven Einfluss auf den Artenreichtum der Vögel haben. Eine Untersuchung von Hecken im Osterzgebirge (KAPISCHKE 2008) zeigte einen Zusammenhang zwischen der Nesteranzahl und der Altersklassen der Hecken. Dabei wurden in Heckenstrukturen, welche älter als 50 Jahre waren, mehr Nester gefunden als in jüngeren Heckenstrukturen.

Während einige Heckenbrüter wie Goldammer und Dorngrasmücke Jungwuchs in Niederhecken (bis 10 Jahre) für die Nestanlage bevorzugen, nisten z.B. Heckenbraunellen, Neuntöter, Mönchs- und Gartengrasmücke vorwiegend in über 20 Jahre alten Strauchklassen mit waldähnlichem Innenklima und beginnender innerer Verkahlung. Mittlere Nestdichten, aber die höchste Artenmannigfaltigkeit überhaupt, weisen allgemein 10-20 jährige Heckenstadien auf. Die Kombination verschiedener Altersstadien in einer Hecke bzw. in einem Heckenkomplex kann die Gesamtvielfalt, aber auch die Populationsdichte nochmals merklich steigern (RINGLER et al. 1997). Mit zunehmender Altersklassenmischung steigt die Strukturvielfalt der Hecke, besonders als Basis eines Nahrungsnetzes stellen Hecken mittleren Alters (6-50 Jahre) mit einer mittleren Altersklassenmischung (mindestens drei verschiedene Altersklassen nebeneinander) ein Optimum dar (ZWÖLFER et al. 1984). Die zeitliche Kontinuität steigt, je älter eine Hecke ist, und da gleichzeitig auch die Pflanzenbiomasse und die pflanzliche Artenvielfalt sich erhöht, nehmen sowohl die topische Funktion als auch die Strukturfunktion der Hecke zu. Die Nahrungsbasis wird breiter, die Schutzwirkung und

weitere Nutzungsmöglichkeiten für Tiere wachsen, mit der Überalterung einer Hecke nimmt die Vielfalt der dort brütenden Vogelarten ab (ZWÖLFER et al. 1984).

Untersuchungen zu Makrostrukturparametern von Hecken im Osterzgebirge (BRANKATSCHK 2006) zeigen, dass die Artenausstattung von jungen Strauchhecken größer ist als die in alten Strauchhecken, sowie dass die Artcluster von jungen Hecken vergleichsweise kleiner und dichter sind als in alten Hecken. Das Heckenalter steht dabei in signifikantem Zusammenhang mit der Pflanzenartendichte.

Das auf den Pflegezustand bezogene optimale Heckenalter für die Besiedlung von Vögeln liegt zwischen 10 und 20 Jahren, da hier die Kombination aus Individuen- und Artenzahl am günstigsten ist (ZWÖLFER et al. 1984, SCHRÖDER 1988). Mit zunehmender Überalterung sinkt die Eignung der Hecken als Nistplatz für typische Buschbrüter. In den durchwachsenen Bäumen finden dann größere Vögel wie Elstern und Taubenartige bessere Nistmöglichkeiten. Bei älteren Hecken nimmt der Anteil an Waldvogelarten zu, Nestdichte und Artenvielfalt nehmen ab, die typischen Heckenbesiedler verschwinden allmählich (HEUSINGER 1984).

Nur alte, über einen längeren Zeitraum relativ ungestörte Hecken enthalten morsche Baumstämme und –stubben, die für bestimmte Totholzbewohner, vor allem Käfer, wichtige Ersatzlebensräume darstellen (RINGLER et al. 1997).

Generell sind Hecken, die eine ausgewogene Altersklassenmischung mit Anteilen von Totholz aufweisen, besonders artenreich, da sie unterschiedliche Lebensbedingungen für verschiedene Arten zur Verfügung stellen.

### **Situation im Untersuchungsgebiet**

Im Untersuchungsgebiet kommen sowohl sehr alte Lesesteinhecken als auch ganz junge, neugepflanzte Hecken vor (eigene Freilandbeobachtungen, Ergebnisse der Befragung der Landwirte (Tabelle 48) und Kapitel 5).

Die Altersstruktur innerhalb der Hecken ist sehr heterogen. Die Steinrückenhecken bestehen überwiegend aus ungleichaltrigem Gebüsch (MÜLLER 1998). Teilweise sind diese Strukturen aber durch mangelnde Pflege überaltert (durchgewachsen) und lückig und weisen demzufolge eine geringe Artenvielfalt auf.

Die neuen Heckenpflanzungen sind durch eine gleiche Altersstruktur charakterisiert, welche sich erst im Zuge von der Neuansiedlung von Arten, spontan oder gezielt, und durch Pflegemaßnahmen entwickeln kann.

#### 6.2.4 Länge und Breite

Mit der Länge der Hecke steigt die Zahl der in der Hecke als Brutvögel nachweisbaren Arten an (ZWÖLFER et al. 1984, O'CONNOR 1987 in HINSLEY & BELLAMY 2000, SHAW 1988 in HINSLEY & BELLAMY 2000). NITSCHKE & PLACHTER (1987) geben dabei einen Maximalwert von etwa 12-13 brütenden Vogelarten an. Dabei ist aber zu beachten, dass mit zunehmender Länge der einzelnen Hecke, also bei Ausformung von „Großhecken“ anstelle zahlreicher „Kleinhecken“, die Anzahl der Nester stark sinkt (BÖNECKE 1990). Bei den Untersuchungen von HEUSINGER (1984) konnte nachgewiesen werden, dass die Nesterdichte bei kürzeren (kleineren) Heckenstücken erheblich zunimmt. Kurze (10-15 m) Einzelhecken im Abstand von maximal 10 m wiesen in den Untersuchungen der Arbeitsgruppe um ZWÖLFER die höchsten Nesterdichten auf. Die Nesterdichte von Heckenvögeln bei unterschiedlicher Heckenlänge zeigte ein deutliches Maximum bei Hecken mit 10-15 m Länge. Sowohl längere Hecken (über 200 m Länge) als auch Einzelbüsche zeigen eine geringere Nesterdichte (HEUSINGER 1984).

Eine größere Breite der Hecken erhöht zwar die Besiedlungsdichte von Vögeln (PUCHSTEIN 1980), scheint aber nicht von so entscheidender Bedeutung für Vögel zu sein, da bevorzugt die Randbereiche besiedelt werden (SCHRÖDER 1988). Die Artenzahl steigt mit zunehmender Gehölzgröße deutlich an, weil auch „Waldarten“ mit höherem Anspruch an geschlossene Waldbestände bzw. ältere Bäume hinzukommen. Mit zunehmender Breite und dichter Ausbildung des Kronendaches verschiebt sich somit das Artendominanzgefüge allmählich zugunsten „typischer“ Waldbewohner (RINGLER et al. 1997). In einer waldarmen Kulturlandschaft können Hecken daher ein Refugium für Waldarten darstellen. Die Dichte der Brutpaare sinkt allerdings gleichzeitig, möglicherweise werden größere Reviere ausgebildet (RINGLER et al. 1997).

Schmale Hecken mit keinem oder geringem Saum bieten weniger Verstecke und können leichter von Räubern durchsucht werden (ARNOLD 1983).

Mit der räumlichen Ausdehnung (Länge, Breite, Flächengröße) steigt die Tierartenzahl von Hecken an (REIF & ACHTZIGER 2000). Die Größe wirkt nicht unabhängig von der Struktur. Mit steigender Ausdehnung nehmen die Pflanzenartenzahl der Einzelhecke und damit der Strukturreichtum zu. Mit steigender Heckenbreite wird das Innenklima feuchter. Damit liegt eine Interkorrelation mit dem Parameter Struktur vor (REIF & ACHTZIGER 2000) (Tabelle 23).

Tabelle 23: Nestdichte in Abhängigkeit von der Heckenlänge (angelehnt an HEUSINGER 1984)

Heckenlänge	Nestdichte pro 100 m
10 – 15 m	1,4 – 3,5
100 – 150 m	0,8 – 1,5
über 200	unter 0.7

## Vögel

Für die Brutdichte von Vögeln wirkt sich also eine größere Zahl kleiner Hecken günstiger aus als einige wenige sehr umfangreiche Hecken (ZWÖLFER et al. 1984). Auch für Rebhühner scheinen umfangreiche Großhecken nicht besonders attraktiv zu sein, sie bevorzugen 5-15 m lange Kleinhecken, da diese offensichtlich einen optimalen Schutz bieten (ZWÖLFER et al. 1984). Parallel in engem Abstand verlaufende „Doppelhecken“ und Verzweigungen sind wesentlich arten- und individuenreicher als schmale, lange Einzelhecken. PUCHSTEIN (1980) fand bei seinen Untersuchungen in Schleswig-Holstein in Doppelknicks 6-mal so viele Brutpaare wie in entsprechend langen Einzelknicks. Auch Knickverzweigungen haben ein größeres Vogelspektrum (PUCHSTEIN 1980). Bei feldökologischen Untersuchungen fiel auf, dass gerade verhältnismäßig kleine Gehölzbestände auffällig hohe Bestandsdichten an Brutvögeln aufweisen (PEITZMEIER 1950). Nicht zu vergessen ist aber der Hinweis von ZWÖLFER et al. (1984), dass die Isolationssituation einen stärkeren Effekt ausübt als die absolute Länge. SEIFERT & ZIEROLD (2000) konnten bei ihren Untersuchungen in Großbrückerswalde keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Heckenlänge und Vogelartenzahl nachweisen. Trotzdem wird angenommen, dass die Vogelartenzahl in sehr langen Steinrückenhecken größer ist, da davon ausgegangen werden kann, dass mehr ökologische Nischen existieren (SEIFERT & ZIEROLD 2000). In derselben Untersuchung konnte aber nachgewiesen werden, dass eine Hecke mindestens 3 m breit sein muss, damit Nester vorkommen. Die Untersuchung von KAPISCHKE (2008) zeigte, dass die Brutvogelartenzahl und die Nestdichte sowohl mit der Heckenlänge als auch mit der Heckenbreite, am stärksten aber mit der Heckengrundfläche korrelieren.

## Carabiden und Kleinsäuger

Die Artenzusammensetzung der Carabidenfauna wird entscheidend von Heckentyp und Heckenbreite beeinflusst (THIELE 1964, GLÜCK & KREISEL 1986). SPREIER (1984) gibt eine Heckenbreite von mindestens 8 m an, ab der sich ein ausgewogenes Verhältnis von Wald- und Feldarten einstellt, um die nötige mikroklimatische Differenzierung zwischen Rand und

Innerem zu schaffen. Hecken von 2 m Breite bieten praktisch nur denjenigen Carabidenarten eine Lebensmöglichkeit, die auf Feldern leben.

Heckenbreiten von 4-5 m gibt MADER (1984) als Minimum für viele gehölzbesiedelnde Arten an. Erst in mindestens 6-8 m breiten und relativ langen Hecken mit waldähnlichem Innenklima können typische stenotope Laubwaldarten (unter den Kleinsäugern vor allem Spitzmäuse und Echte Mäuse) und Laufkäfer einwandern (MADER 1984). Eine positive Korrelation zwischen Heckenlänge und Artenzahl der Laufkäfer wurde bei MADER & MÜLLER (1984) und SPREIER (1984) nachgewiesen. Untersuchungen in Schleswig-Holstein zeigten, dass schmale Einzelknicks wesentlich arten- und individuenärmer als Doppelknicks sind, die normalerweise beiderseits von Wirtschaftswegen angelegt wurden.

Zusammenfassend beschreiben folgende hypothetische Regeln (nach PEITZMEIER 1950 bestätigt durch die Untersuchungen in den oberfränkischen Heckengebieten von der Arbeitsgruppe um ZWÖLFER) die Bedeutung der Breite und Länge von Heckenstrukturen:

- je kleiner der Gehölzbestand, desto dichter die Besiedlung
- je lichter der Gehölzbestand, desto dichter die Besiedlung
- je größer der Gehölzbestand, desto größer die absolute Artenzahl
- je kleiner der Gehölzbestand, desto größer die relative Artenzahl

### **Situation im Untersuchungsgebiet**

Die Analysen von Heckenstrukturen im Untersuchungsgebiet ergaben, dass im Untersuchungsgebiet 65% aller Hecken unter 100 m lang sind und nur selten sogenannte Großhecken vorkommen (vgl. Kapitel 5.2.3 „Verteilung der Heckenlängen“). Im Allgemeinen sind dabei Feldhecken und sonstige Hecken kürzer als Steinrückenhecken. Durch diese relativ kurzen Hecken im Untersuchungsgebiet wird davon ausgegangen, dass eine hohe Artenvielfalt (vor allem bei den Vögeln) mit hohen Bestandsdichten vorherrscht, was durch die Untersuchungen von SEIFERT & ZIEROLD (2000) und KAPISCHKE (2008) bestätigt wird.

Die Befragung der Landwirte (vgl. Kapitel 8.4.1.2.1 „Aktuelle Heckenbestandssituation“) ergab, dass die meisten Hecken im Untersuchungsgebiet eine Breite von 10 m aufweisen (Abbildung 86), durch das waldähnliche Innenklima werden dabei vor allem Waldarten gefördert.

### **6.2.5 Angrenzende Nutzung**

Untersuchungen zeigen, dass Artenspektrum und Nestdichte von Heckenvögeln durch die Nutzungsform des Umlandes mitbestimmt wird (ZWÖLFER et al. 1984, HINSLEY & BELLAMY



2000). Die Mehrzahl der Brutvögel zeigt eine deutliche Präferenz für Hecken mit angrenzendem Grünland (ARNOLD 1983, ZWÖLFER et al. 1984, PARISH et al. 1995, SEIFERT & ZIEROLD 2000). Nicht nur die Eigenschaften der Hecken sind entscheidend für das Vorkommen von Arten und deren Abundanz, sondern die Qualität des gesamten Lebensraumkomplexes einschließlich des Heckenumlandes. Nester von Grasmücken, Heckenbraunellen und Neuntöttern finden sich fast ausschließlich in Grünlandhecken, die Gelege des Sumpfrohrsängers dagegen vor allem in der Nachbarschaft von Äckern (RINGLER et al. 1997). Zudem kann es bei angrenzender Ackernutzung eher zu einer direkten Vernichtung der Brut durch Gülle und Spritzmittel kommen, die durch falsches Ausbringen in die Hecke gelangen können (ZWÖLFER et al. 1984). Aus tierökologischer Sicht sind Hecken in reinen Ackerbaugebieten höher zu bewerten als Grünlandhecken, da sie in Gebieten mit vorwiegend ackerbaulicher Nutzung ein Element ökologischer Kontinuität und trophischer und struktureller Vielfalt darstellen (ZWÖLFER & STECHMANN 1989).

Untersuchung zu Fledermausaktivitäten in Hecken in Großbritannien stellt einen positiven Zusammenhang zwischen Fledermausvorkommen und Grünlandhecken fest (WALSH & HARRIS 1996).

### **Situation im Untersuchungsgebiet**

Die Analyse der angrenzenden Nutzung von Heckenstrukturen im Untersuchungsgebiet ergab, dass mehr als die Hälfte aller Hecken auf Grünland und nur ein Viertel auf Ackerland vorkommen (vgl. 5.2.7 „Angrenzende Nutzung“). Dies ist aus Sicht von heckenbewohnenden Vogelarten als positiv zu bewerten. In ausgeräumten und intensiv bewirtschafteten Agrarräumen, innerhalb deren Hecken teilweise den einzigen naturnahen Lebensraum für viele Arten und wichtige Strukturen des Habitatverbundes darstellen, ist dies jedoch als kritisch anzusehen.

#### **6.2.6 Überhälter**

Alte Baum-Überhälter können die Zahl der in Hecken brütenden Vogelarten wesentlich steigern (RINGLER et al. 1997, HINSLEY & BELLAMY 2000). PUCHSTEIN (1980) fand 2/3 aller Vögel in Hecken mit Baum-Überhaltern. Vor allem breit ausladende Kronen mit dicken Ästen sowie besonnte, exponierte Baumstämme spielen eine wichtige Rolle. Höhlenbrüter (z.B. Buntspecht, Kohl- und Blaumeise) sind vor allem in „Überhälter-Hecken“ stark vertreten. Auch Gartengrasmücke, Gartenrotschwanz, Mäusebussard, Rabenkrähe, Ringeltaube und Dorngrasmücke bevorzugen Hecken mit Baumüberhaltern. Andere höhlenbrütende Vögel, Kleinsäuger, staatenbildende Insekten und Fledermäuse nutzen von Spechten angelegte

Höhlen (RINGLER et al. 1997). Eine Erhöhung der Artenvielfalt wird daher durch vereinzelte Überhälter und Kopfbäume erzielt (PUCHSTEIN 1980, ZWÖLFER et al. 1984). Einzelne hochgewachsene Überhälter (oder auch separate Einzelbäume) können die Attraktivität einer Landschaft für Vögel noch weiter steigern, indem sie zusätzliche Biotopstrukturen zur Verfügung stellen, z.B. Singwarten und Ansitzwarten speziell für Goldammer, Heckenbraunelle, Baumpieper, Würger und Greifvögel (ZWÖLFER et al. 1984). Mehrere Arten, zum Beispiel Turmfalken, Sperber, Rabenkrähen und Elstern, brüten nur im Gezweig hoher Bäume (RINGLER et al. 1997). Die Untersuchungen von SEIFERT & ZIEROLD (2000) zeigten, dass in Steinrückenhecken mit Überhängern mehr Vogelarten vorkamen als in reinen Strauchhecken oder in Baumreihen mit Sträuchern, da dadurch eine größere Vielfalt an Lebensräumen entsteht.

Untersuchungen zum Vorkommen von Fledermäusen (Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*), Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*), Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*)) in Großbritannien zeigten, dass diese durch das Vorkommen von großen Bäumen positiv beeinflusst werden (BOUGHEY et al. 2011).

### **Situation im Untersuchungsgebiet**

Die bei der Befragung der Landwirte im Untersuchungsgebiet erhobenen Daten zum Istzustand der Hecken im Untersuchungsgebiet (vgl. Kapitel 8.4.1.2.1 „Aktuelle Heckenbestandssituation“) haben ergeben, dass die meisten Hecken eine Höhe zwischen 10 und 15 m aufweisen (vgl. Abbildung 86) und es sich bei den vorkommenden Hecken meistens um sogenannte Strauchbaumhecken handelt (vgl. Abbildung 87). Basierend auf diesen Angaben und eigenen Freilandbeobachtungen wird davon ausgegangen, dass im Untersuchungsgebiet zahlreiche Überhälter innerhalb der Heckenstrukturen vorkommen. Auch die Arbeiten von SEIFERT & ZIEROLD (2000) im Mittleren Erzgebirge und KAPISCHKE (2008) im Osterzgebirge bestätigen diese Aussage. Dadurch werden vor allem höhlenbrütende Vögel, Kleinsäuger, Fledermäuse und Tierarten, die Hecken mit Überhängern bevorzugen, im Untersuchungsgebiet gefördert

### **6.2.7 Saum**

Aus naturschutzfachlicher Sicht sollte an jeder Hecke ein extensiv bewirtschafteter pflanzenartenreicher Krautsaum von mindestens 2-5 m Breite angelagert sein (PFISTER & NAEF-DAENZER 1987). Der Begriff „Saum“ wird dabei über seine pflanzensoziologische Definition hinaus verwendet, nach der Saumgesellschaften auf den schmalen Übergangsbereich vom Wald zum Freiland begrenzt sind, wo sie im Schutz überhängender

Zweige und Äste relativ stabile Pflanzengemeinschaften bilden können (DIERSCHKE 1974). Im Idealfall handelt es sich um eine mehr oder minder vorgelagerte und linear strukturierte Krautvegetation mit kennzeichnenden Arten (WEBER 2003). Säume bestehen aus Kräutern und Gräsern und bilden die Übergangszone zwischen den Heckensträuchern und den angrenzenden Feldern oder Wiesen. Sie spiegeln in erster Linie die Art der angrenzenden Bewirtschaftung wider und sind nur in geringem Maß von der Vegetation der Hecke bestimmt (REIF 1985).

Eigentliche Saumgesellschaften an Hecken finden sich überall dort, wo weder häufige Mahd noch Beweidung die Entwicklung der Vegetation beeinflussen. Diese Saumgesellschaften werden geprägt durch ein- oder mehrjährige Hochstauden, die zumeist dichte Bestände bilden und sich aufgrund ihres Blütenreichtums deutlich von den meist monotonen landwirtschaftlichen Nutzflächen abheben. Weitere Saumgesellschaften sind wiesenartige Säume, bei denen die typischen Hochstauden durch regelmäßige Mahd durch Gräser verdrängt werden, und magere Säume an nährstoffarmen, sandigen und regelmäßig gemähten Wegrändern (STARKMANN 1992).

Der Abstand zwischen Hecke und angrenzender Nutzung sollte mindestens 2 m betragen (STARKMANN 1992), eine Mahd sollte im Abstand von 3-4 Jahren erfolgen. Bei einem 3-4 (5) m breiten Gras- oder Krautsaum werden Insekten gefördert, die diesen Übergangsbereich als Lebensraum benötigen. Laufkäfer erreichen eine signifikant höhere Artenzahl und höhere Individuendichte, wenn nicht mit Herbiziden oder Insektiziden gespritzte Randstreifen vorkommen (VOIGTLÄNDER et al. 2001). Auch Sperbergrasmücke und Neuntöter sind auf Säume angewiesen.

Da viele Insekten Blühstrukturen brauchen, um in intensiv genutzten Agrarlandschaften überleben zu können, sind dichte Netze von Krautsäumen notwendig, die als Heckensäume ausgebildet sein können (RÖSER 1989).

Besonders für sehr schmale Hecken bietet der Saum zusätzliche Verstecke und einen Schutz vor Räubern (ARNOLD 1983).

### **Situation im Untersuchungsgebiet**

Bei Freilandbeobachtungen konnte festgestellt werden, dass Heckensäume nur selten im Untersuchungsgebiet vorkommen, meist werden die landwirtschaftlichen Flächen bis direkt an die Heckenstruktur heran genutzt. Infolgedessen ist die Situation im Untersuchungsgebiet besonders für viele blütenbesuchende Insekten und Laufkäfer sowie für spezielle Vogelarten wie die Sperbergrasmücke und den Neuntöter als ungenügend einzuschätzen.

### 6.2.8 Zusätzliche Habitatstrukturen

Eine besondere Bedeutung zur Bereicherung des Lebensraumes Hecke kommt den sogenannten zusätzlichen Habitatstrukturen wie Steinhäufen, Trockenmauern, Tümpeln und Gräben zu. Sie bieten bestimmten Tiergruppen Wohnraum, Aufwärmgelegenheiten („Heizung“), Schutz, Nistplätze, Jagdgebiete und Lebensraum im allgemeinen (Tabelle 24).

Tabelle 24: Tabelle :Bedeutung von zusätzlichen Habitatstrukturen (nach SCHREINER 1984)

Typ	Tiergruppen	Funktion / Bedeutung
Steinhäufen besonnte Südseite	Kleinsäuger, Reptilien, Amphibien, epigäische Arthropoden	Wohnraum, Schutz, „Heizung“, Jagdgebiet
Trockenmauer nicht verfugt, besonnt	v. a. Reptilien	Wohnraum, Schutz, „Heizung“, Jagdgebiet
Einzelsteine	hypolithische Biozönosen v. a. räuberische Arthropoden (Laufkäfer, Wolfsspinnen, Hundertfüßler)	Lebensraum, „Heizung“, Schutz
Tümpel, Gräben besonnte Südseite, teilbeschattet, flache Ränder	Amphibien	Laichgewässer (Teilhabitat), Tränke, Jagdgebiet
Holzzaun(-pfosten) unbehandelt, alt, mit Rinde, einheimische (Hart-)Hölzer	Haut- und Zweiflügler, Spinnen, Marienkäfer	Lebensraum, Winterquartier, Schutz, Nistplatz, Jagdgebiet, „Heizung“, Sitzplatz
Reisighaufen	Säuger, Vögel	Schutz, Sitzplatz
Wurzelstöcke	Xylobionte (stark gefährdete Tiergruppen, v.a. Käfer)	Lebensraum, Sitzplatz
epigäische = in der Streuschicht lebend; hypolithisch = unter Steinen vorkommend; xylobionte = auf Holz lebend		

#### Situation im Untersuchungsgebiet

Zusätzliche Habitatstrukturen treten im Untersuchungsgebiet vor allem bei den Lesesteinhecken auf. Dort gibt es zahlreiche Steinhäufen und Einzelsteine, welche von den unterschiedlichsten Tierarten genutzt werden. Wurzelstöcke, Tümpel und Gräben konnten bei Freilanduntersuchungen nur sehr selten gefunden werden. Besonders die neu angelegten Heckenstrukturen weisen kaum zusätzliche Habitatstrukturen auf, da dies bei der Neuanlage der Hecke zumeist keine Berücksichtigung fand. Besonders Reptilien und Amphibien sind von den fehlenden zusätzlichen Habitatstrukturen in den neu gepflanzten Heckenstrukturen betroffen und kommen deshalb dort wahrscheinlich selten vor.

### 6.2.9 Pflege von Hecken

Nur periodisch genutzte Hecken können eine hohe Strukturvielfalt erreichen. Diese Varianz ist erforderlich, um die vielen naturraumverschiedenen Biozönosen und Artinventare sowie die Gesamtheterogenität der Heckenlandschaft zu erhalten (RINGLER et al. 1997). Die nötige Strukturvielfalt wird durch eine zeitliche Staffelung des Pflegehiebes gefördert. Da Hecken gerade auf dem Umstand beruhen, künstlich in einem „Unreifestadium“ auf einem mittleren Sukzessionsniveau gehalten zu werden, ist ein Minimum an Heckenpflege zum Erhalt der Struktur notwendig. Daher sollten Hecken etwa alle 10 (spätestens 15) Jahre während des Winterhalbjahres dicht über dem Boden abgeschnitten werden, dadurch können sie am Boden wieder vieltriebig ausschlagen (REIF & ACHTZIGER 2001). Werden Hecken auf Stock gesetzt, so ist es wichtig, dass dies abschnittsweise geschieht, sodass genügend Wiederbesiedlungszentren bestehen bleiben (ZWÖLFER et al. 1984, REIF & ACHTZIGER 2001). In auf Stock gesetzten Heckenbereichen kann bereits nach einigen Jahren die Nestdichte steigen, während die Artenzahl der Heckenbrüter zunächst sinkt. Erfolgen die Pflegemaßnahmen in einem zeitlichen Abstand, der einen entsprechend hohen Anteil von Sträuchern in den Altersklassen von 10-20 Jahren sichert, so stellt dies für die typischen Heckenvogelarten ein Optimum dar (ZWÖLFER et al. 1984). Die in Abschnitt Alter als günstig eingestufte Altersklassenzusammensetzung kann nur dann erreicht werden, wenn an der Hecke gelegentlich abschnittsweise Pflegemaßnahmen durchgeführt werden.

Untersuchungen in England zeigen, dass durch fehlende Pflegemaßnahmen sich die Pflanzenartenvielfalt von Hecken verringert und es zur Entwicklung von lückigen artenärmeren Heckenstrukturen kommt (GARbutt & SPARKS 2002).

#### **Situation im Untersuchungsgebiet**

Besonders die Lesesteinhecken im Untersuchungsgebiet haben sich teilweise durch jahrelange mangelnde Pflegemaßnahmen in lückige artenarme Strukturen verwandelt. In den letzten Jahren wurde aber zunehmend auf Initiative von Naturschutzverbänden hin versucht, diese Hecken durch regelmäßiges auf Stock setzten wieder zu artenreichen Beständen zu entwickeln. Bei der Befragung der Landwirte wurde festgestellt, dass die Heckenpflege ein großes Problem sowohl bei der Neupflanzung von Hecken (Abbildung 89) als auch bei den bestehenden Hecken (Abbildung 91) darstellt.

### 6.2.10 Zusammenfassung

Die aus ökologischer und naturschutzfachlicher Sicht optimal ausgebildete Hecke zu definieren oder gestalten zu wollen, ist ein nicht zu erreichendes Naturschutzziel. Sinnvoll ist

es sicherlich, die Entwicklung eines breiten Angebots von Heckentypen in unterschiedlicher Ausprägung in der Landschaft anzustreben, um einer Vielzahl von Arten einen Lebensraum zu bieten.

ZWÖLFER (1982) bewertet Hecken und Heckengebiete in Oberfranken aus tierökologischer Sicht als besonders wertvoll wenn:

- die Hauptstraucharten Weißdorn, Schlehe und Wildrose in größerer Zahl vorkommen,
- möglichst viele weitere Gehölzarten in der Hecke zu finden sind,
- Altersklassen von 1 bis 50 Jahren vorhanden sind und dabei die Altersklassen von 6-20 Jahren dominieren,
- in größeren zeitlichen Abständen Pflegemaßnahmen zur Verjüngung der Hecke durchgeführt werden,
- eine hohe mittlere Flächendichte (80 m/ha) und zahlreiche Kleinhecken mit einer Länge von 10-15 m in möglichst geringem Abstand anstatt langgezogener Großhecken vorkommen.

Derartige Heckengebiete zeichnen sich durch hohe Insekten- und Vogelnestdichte, hohen Wildbesuch, hohe faunistische Artenmannigfaltigkeit und hohe Regulationsfähigkeit hinsichtlich der Populationsdynamik phytophager Arten aus (ZWÖLFER et al. 1984).

Entscheidend für den Erhalt der Artenvielfalt in den Agrarkulturlandschaften ist nicht nur die Quantität von Kleinstrukturen, sondern vor allem auch ihre Qualität.

### **Situation im Untersuchungsgebiet**

Die Heckensituation im Untersuchungsgebiet, basierend auf den GIS-Analysen und Freilandbeobachtungen, wird als sehr heterogen eingeschätzt. Regional gibt es sowohl Heckenverbreitungsschwerpunkte mit einer hohen Heckendichte und vielen Kleinhecken meist auf Grünland, als auch zahlreiche heckenlose Gebiete, besonders im Bereich der fruchtbareren lössbeeinflussten Böden.

Bei den Hauptstraucharten ist zu beachten, dass diese regional unterschiedlich sind, so kommen im Untersuchungsgebiet beispielsweise ab den mittleren Lagen keine Schlehen mehr vor. Die Gehölzarten- und Alterszusammensetzung ist je nach Entstehungsgeschichte unterschiedlich. So unterscheiden sich die Lesesteinhecken deutlich von den Windschutzpflanzungen der 1960er Jahre und den neusten Heckenpflanzungen nach 1990. Genauso unterschiedlich stellt sich die Situation hinsichtlich der durchgeführten

Pflegemaßnahmen dar, die im Untersuchungsgebiet teilweise gar nicht beziehungsweise in zu großen Abständen durchgeführt werden.

Es kommen im Untersuchungsgebiet sowohl ökologisch besonders wertvolle Heckenbestände, als auch Bestände mit einem erhöhten Entwicklungsbedarf bezüglich der Gehölzarten- und Altersklassenzusammensetzung, der Dichte und der Pflegemaßnahmen vor.

## 7 Hydrologische Modellierung

Um die Wirkung verschiedener Heckenstrukturen auf die Abflussbildung in kleinen Einzugsgebieten zu untersuchen, stellt die Modellierung des Abflussgeschehens mit Hilfe eines Niederschlag-Abfluss-Modells eine Möglichkeit dar.

### 7.1 Modellauswahl

Modelle sind vereinfachte, die wesentlichen Prozesse beschreibende, reduzierte Abbilder eines Originals, mit denen die Untersuchung und Prognose komplexer natürlicher Systeme auf anschauliche Weise möglich wird (GRUNDMANN 2010). Bei einem Niederschlags-Abfluss-Modell wird das Abflussverhalten eines Gebietes für bestimmte Wettersituationen modelliert. Dabei werden im Modell die kausalen Zusammenhänge zwischen Niederschlag und Abfluss mathematisch beschrieben und dadurch werden die Abflüsse aus Einzugsgebieten ermittelt (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU 1999a).

Je nach Modellansatz ist zwischen stochastischen und deterministischen Modellen zu unterscheiden.

Stochastische Modelle versuchen die hydrologischen Verhältnisse durch Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktionen abzubilden (WILHELM 1997). Ein Beispiel für diesen Modelltyp ist das TOPMODEL (BEVEN 2001). Die Herleitung der Verteilungsfunktionen für das verfügbare Wasser sind zwar physikalisch interpretierbar, aber so stark vereinfacht, dass nicht von einem physikalisch basierten Modell gesprochen werden kann (SCHULLA 1997).

Bei deterministischen Modellen wird eine physikalisch beschreibbare (deterministische) Abhängigkeit (Ursache-Wirkungsgesetz) zwischen den Variablen vorausgesetzt. Nach dem Grad ihrer physikalischen Komplexität können drei wesentliche Modellfamilien unterschieden werden.

Black-Box-Modelle (empirische Modelle) bieten keine Informationen über die Vorgänge und Bedingungen innerhalb des Systems. Sie sind eine rein mathematische Beschreibung des Übertragungsverhaltens nach systemtheoretischen Methoden (Input-Output-Modelle, Modelle ohne Vorwissen). Dabei erfolgt keinerlei Berücksichtigung von physikalischen Grundlagen (ROHDENBURG 1989).

White-Box-Modelle (Physikalische Modelle) versuchen hydrologische Prozesse physikalisch nachzubilden. Dazu benötigen sie viele detaillierte Eingangsinformationen und sind daher



sehr zeitaufwendig, aber auch wenn all diese Informationen vorliegen sehr genau und besonders für Analysen in kleinräumigen Untersuchungsgebieten geeignet.

Grey-Box-Modelle (Konzeptionelle Modelle) sind bezüglich ihrer Komplexität zwischen den Black Box und White Box Modellen einzuordnen. Sie enthalten neben eventuell implementierten physikalisch basierten Ansätzen auch einfachere (konzeptionelle) Methoden und Ansätze, die meistens durch integrale Betrachtungen einzelner Teilprozesse zusammenfassend beschrieben werden. Konzeptmodelle führen deshalb in der Regel nur durch die Einführung von Kalibrierungsparametern zu brauchbaren Ergebnissen (SCHULLA 1997).

Je nach Niederschlagsintensität und Größe des Untersuchungsgebietes dominieren verschiedene Prozesse die Abflussbildung (NIEHOFF 2001, WOHLRAB et al. 1999, DYCK & PESCHKE 1995). In Abbildung 47 wird dargestellt, bei welchen Niederschlagsintensitäten und Gebietsgrößen welche Parameter und Prozesse ausschlaggebend sind. Für das kleine Szenariengebiet sind die Vegetation (Blattflächenindex, Bedeckungsgrad) und die Topographie die entscheidenden Faktoren bei Niederschlagsereignissen mit kleiner Jährlichkeit.

Für die Modellierung der Heckenszenarien musste somit ein Niederschlag-Abfluss-Modell gewählt werden, welches sensibel auf Landnutzungsänderungen reagiert und für kleine Einzugsgebiete geeignet ist.

Diese Bedingungen erfüllt das Grey-Box-Modell WaSiM-ETH (SCHULLA 1997), es eignet sich zur Modellierung von kleinen Einzugsgebieten und ist in der Lage, durch Landnutzungsänderungen begründete Veränderungen im Wasserhaushalt gut abzubilden (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU 1999b). Des Weiteren wurde das Modell bereits in den Arbeiten von PÖHLER (2006) und GERBER (2009) an die naturräumlichen und klimatischen Bedingungen im Osterzgebirge angepasst.

Das Modell WaSiM-ETH ist ein grundsätzlich deterministisches, flächendifferenziert hydrologisches Einzugsgebietsmodell zur Simulation des Wasserkreislaufs auf und unter der Landoberfläche, welches ursprünglich zur Simulation des Einflusses von Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt konzipiert wurde. Das Modell stellt eine Verknüpfung von physikalisch basierten, vereinfachten physikalischen und konzeptionellen Prozessbeschreibungen dar (SCHULLA 1997).

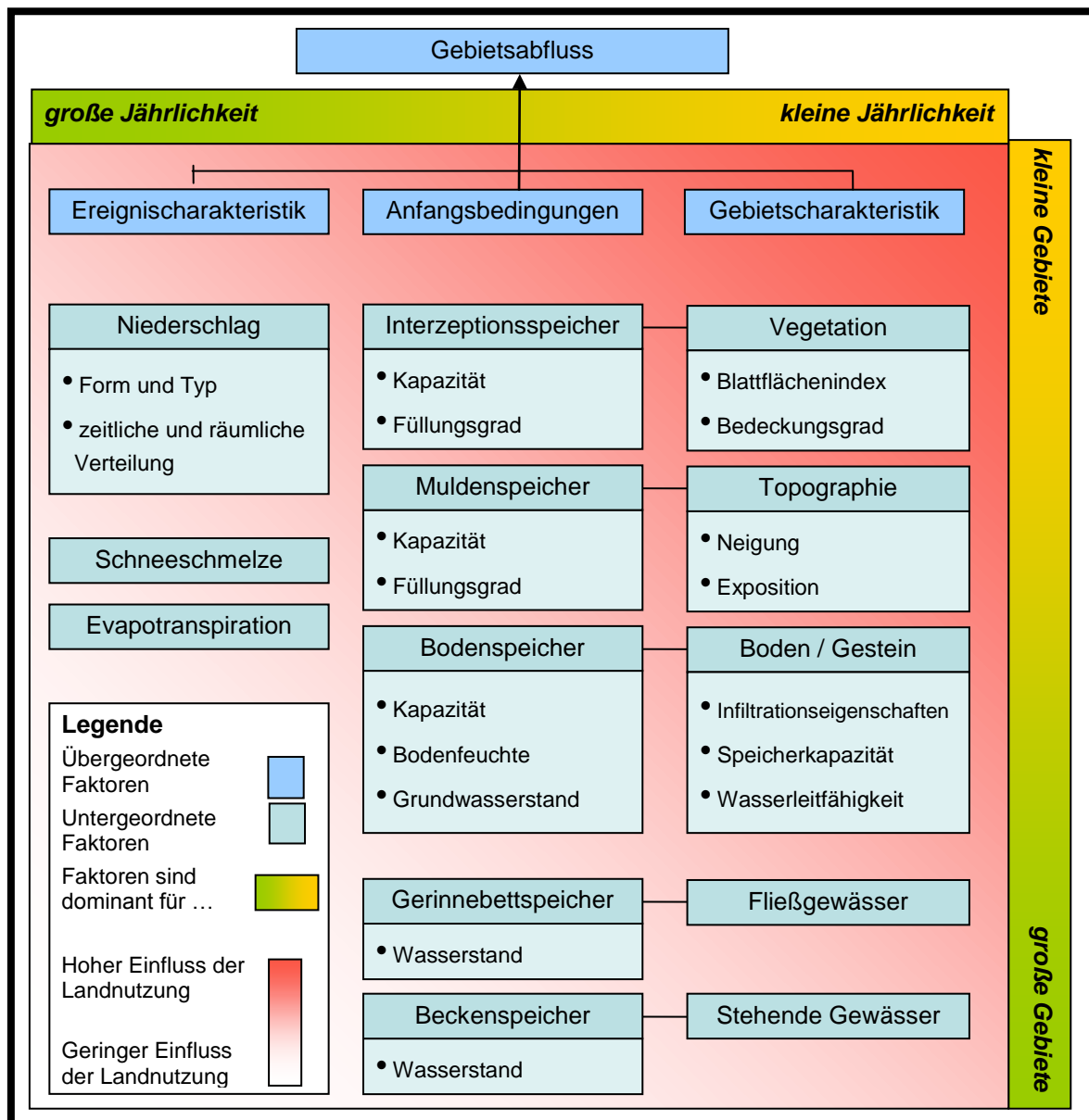


Abbildung 47: Schematische Übersicht über die den Gebietsabfluss bestimmenden Parameter. Ihre Lage in der Darstellung symbolisiert ihre Bedeutung bezüglich Ereignisintensität und Gebietsgröße. (GERBER 2009 verändert nach NIEHOFF 2001)

Das Modell kann die Abflüsse von Einzugsgebieten mit Größen von  $< 1 \text{ km}^2$  bis zu mehreren  $10\,000 \text{ km}^2$  berechnen. Die räumliche Verteilung der physiographischen Gebietseigenschaften wird in WaSiM-ETH durch Einteilung des Einzugsgebietes in ein regelmäßiges Gitter (Raster, Grid) berücksichtigt. Außerdem kann das Einzugsgebiet in beliebig viele Teileinzugsgebiete gegliedert werden, deren Grenzen sich ebenfalls an diesem Gitter orientieren. Für jede Gitterzelle werden die hydrologischen Prozesse der Schneedeckenentwicklung, der Interzeption, der Verdunstung, der Infiltration sowie der vertikalen Wasserbewegung in der Bodenzone simuliert. Die Eingangsdaten können meist schnell und ohne Genauigkeitsverlust an die gewünschte Modellauflösung angepasst werden. Die zeitlichen Auflösungen des Modells reichen von Minuten bis zu mehreren Tagen. WaSiM-ETH kann sowohl für Kurzfrist- (Hochwasserereignisse) als auch für

Langfristsimulationen (langjährige Wasserhaushaltssimulationen) verwendet werden (SCHULLA & JASPER 1998).

Die ursprünglich entwickelte Version (WaSiM-ETH I) nutzt für die Simulation der Bodenwasserströme eine auf dem Konzept der variablen Sättigungsflächen beruhende Modellvorstellung nach TOPMODEL. Die erweiterte Modellversion (WaSiM-ETH II) ersetzt hingegen den konzeptionellen Topmodel-Ansatz durch den prozessorientierten Richards-Ansatz (RICHARDS 1931), der den Wassertransport im Boden auf Grundlage von Potenzialgradienten und detaillierten bodenphysikalischen Eigenschaften (pF-Kurve,  $k(u)$ -Funktion) berechnet (SCHULLA & JASPER 1998) (Abbildung 48).

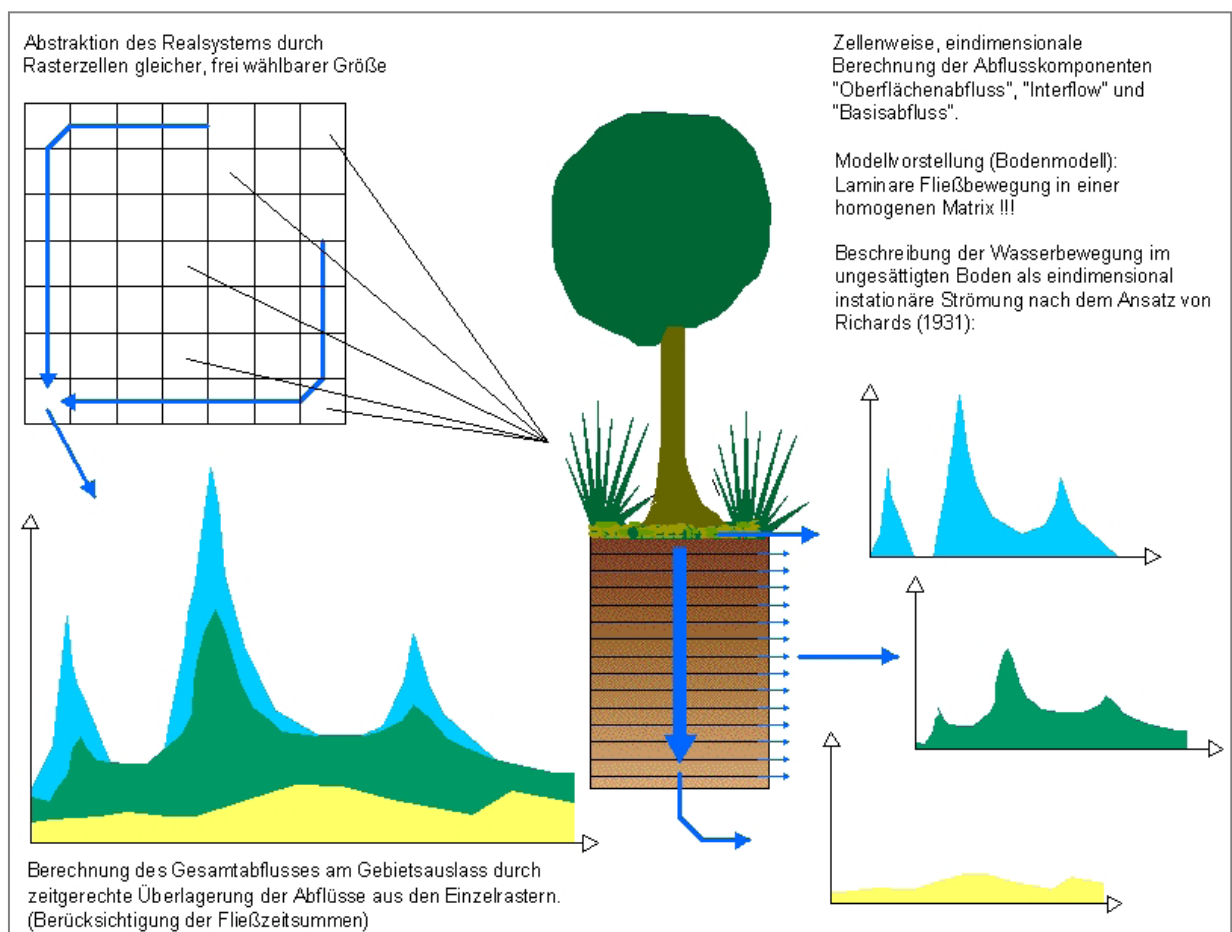


Abbildung 48: Prinzipielle Funktionsweise des Modells WaSiM-ETH, schematische Darstellung (aus KREITER 2007)

Der auf den einzelnen Gitterzellen gebildete Oberflächenabfluss wird anhand eines Fließzeitschemas dem Gerinne zugeführt. Die Abflusskonzentration bis zum Teilgebietsauslass erfolgt anhand von Einzellinearspeichern getrennt für die Abflusskomponenten Direktabfluss, Interflow und Basisabfluss. Der weitere Weg des Abflusses im Gewässernetz zum Auslass des Gesamteinzugsgebietes wird durch ein Abflussrouting beschrieben (SCHULLA 1997). Für die Simulation von Hecken war vor allem

die Parametrisierbarkeit der Landnutzung für beispielsweise Bedeckungsgrad, Blattflächenindex und Wurzeltiefe von Vorteil. Eine ausführliche Beschreibung des an der ETH Zürich entwickelten Modells enthält SCHULLA (1997).

Für die vorliegende Arbeit wird die Modellversion 6.4 mit dem auf der Richardsgleichung basierenden Bodenmodell genutzt, da dadurch auf die umfangreichen vorliegenden Vorarbeiten und Ergebnisse von PÖHLER (2006) und GERBER (2009) zurückgegriffen werden konnte.

Zur Beschreibung des Gebietsabflusses werden die Begriffe Durchfluss und Abflussspende verwendet. Dabei bezeichnet der Durchfluss das am Gebietsauslass an Pegeln gemessene Abflussvolumen je Zeiteinheit in  $\text{m}^3/\text{s}$  und die Abflussspende den auf die Flächeneinheit bezogenen Abfluss in  $\text{l/s} \cdot \text{km}^2$ . Der Begriff Durchfluss findet dabei im Komplex der Modellanpassung seine Anwendung (Kapitel 7.4 „Modellanpassung“), also im Zusammenhang mit den zur Kalibrierung und Validierung genutzten Pegelmesswerten und repräsentiert nur den oberirdischen Abflussanteil. Die Abflussspende wird dagegen im Komplex der Szenariorechnungen genutzt (Kapitel 7.5 „Ergebnisse der hydrologischen Modellierung“), um durch diese relativen Werte eine anschauliche Vergleichbarkeit der verschiedenen Szenarien zu erreichen.

## 7.2 Szenarienbildung

Um die Auswirkungen unterschiedlicher Heckenstrukturen auf das Abflussverhalten eines Hanges im Modellgebiet Reichstädter Bach zu untersuchen, wurden für verschiedene Hecken-situationen so genannte Szenarien mit Hilfe der Szenariotechnik erstellt.

Ein Szenario ist ein plausibel ausformuliertes, hypothetisches Zukunftsbild eines abgegrenzten Problemfeldes, das alternative Entwicklungsmöglichkeiten berücksichtigt und der Entscheidungsvorbereitung dient (WILMS 2006). Sie können als strategische Planungsinstrumente (REIBNITZ 1992, GRAF 2002) komplexe Zukunftsbilder entwickeln, deren Konsequenzen aufzeigen und damit Handlungsoptionen für die Gegenwart anbieten. Im Mittelpunkt der Szenariotechnik steht – im Gegensatz zu quantitativen Prognosen – weniger die Wahrscheinlichkeit und Eintreffgenauigkeit, sondern eher die Ermittlung und Beschreibung von bestimmten Faktoren und Wirkungszusammenhängen. Im Gegensatz zu klassischen, auf Fortschreibungsmodellen beruhenden Prognosen, treffen Szenarien allerdings keine Aussage zu ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit (JENKINS 1997). Es sollen realistische Entwicklungsmöglichkeiten beziehungsweise –korridore in vergleichsweise ferner Zukunft und bei relativ großer Unsicherheit in Abhängigkeit von bestimmten Rahmenbedingungen

aufgezeigt werden. Es werden Trend- und Alternativszenarien unterschieden. Zur Entwicklung von hydrologischen Heckenszenarien wurde die Form der Alternativszenarien gewählt, da sie alternative Entwicklungsmöglichkeiten aufzeigen, die, wenn sie erreicht werden sollen, entsprechendes zielgerichtetes Handeln voraussetzen, oder, wenn sie vermieden werden sollen, entsprechende Gegenmaßnahmen notwendig machen (WILMS 2006). Des Weiteren können die erstellten Szenarien als explorative Szenarien bezeichnet werden, da sie zur Erkundung möglicher Zukünfte dienen (WILMS 2006).

Im ersten Schritt der Szenarioentwicklung wurde jeweils nur ein Parameter innerhalb vier verschiedener Problemstellungen: Heckenbreite, Lage der Hecke am Hang und die Anlage eines Heckensaumes verändert, um den direkten Einfluss dieses Parameters genau analysieren und vergleichen zu können (Tabelle 25). Dabei wurde darauf geachtet, dass der von der Hecke eingenommene Flächenanteil nahezu gleich ist (siehe 12.1 „Kennblätter der Heckenszenarien“), um eine Vergleichbarkeit des Einflusses einzelner Parameter unabhängig von der absoluten Heckenfläche zu ermöglichen. Bei den Szenarien zur Heckenbreite und zur Saumproblematik ist dies natürlich nicht möglich. Die Heckendichte im Szenariengebiet liegt bei den Szenarien zur Heckenbreite (jeweils 4 Hecken) bei 35 m/ha und bei den Szenarien zur Lage der Hecken und beim Szenario Saum bei jeweils 8,6 m/ha.

Tabelle 25: Übersicht über die erstellten hydrologischen Szenarien mit Abkürzungsbezeichnungen

Szenarien mit einem geänderten Parameter	Heckenbreite	Lage der Hecke	Saum
	4 Hecken a 5 m (4x5)	Oberhang (20 m) (oH)	Hecke a 10 m Breite und je 5m Saum (Saum)
	4 Hecken a 10 m (4x10)	Mittelhang (20 m) (mH)	
	4 Hecken a 15 m (4x15)	Unterhang (20 m) (uH)	Hecke a 20 m Breite und kein Saum (= mH)
Szenarien mit zwei geänderten Parametern	Heckenbreite / Heckendichte		
	1 Hecke a 20 m Breite (mH)		
	4 Hecken a 5 m Breite (4x5)		
Referenzszenario	keine Hecken (ohne) = Istzustand		

Die Lage der Hecken in den einzelnen Szenarien erfolgte höhenlinienparallel, da in vielen Studien die Anlage von höhenlinienparallelen Hecken aus Gründen des Erosionsschutzes als günstig angesehen wird (z. B. HACH & HÖTL 1989, WALTER et al. 2003, EDELMANN 2010, SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT 2010b). Sie führt zu einer Verkürzung der Hanglänge, was zu einer Reduzierung der Wassermenge, der Abflussgeschwindigkeit und der Erosion durch Wasser beiträgt (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2005, MEROT 1999, RINGLER et al. 1997, MÜLLER 1990), außerdem erzeugen sie durch ihre ober- und unterirdischen Organe Barrieren gegen

Rinnenerosion (RINGLER et al. 1997, MEROT 1999). Es ist aber dabei zu beachten, dass diese Verkürzung der Hanglänge nur dann erfolgreich ist, wenn der gesamte Oberflächenabfluss der oberhalb der Hecke liegenden Fläche vollständig zur Versickerung gelangt, ansonsten besteht die Gefahr, dass unterhalb der Hecke der Bodenabtrag erhöht wird (ARBEITSGEMEINSCHAFT BOSCH & PARTNER GMBH 2000). Sehr schmale Strukturen werden dabei eher durchströmt als sehr breite, dies konnte in zahlreichen Untersuchungen zur ökologischen Leistungsfähigkeit von Uferrandstreifen nachgewiesen werden (z. B. FABIS 1995, SCHMELMER et al. 1998).

Die umgebende Nutzung der Hecken in allen Szenarien ist Ackerland bestanden mit Futtermais ohne Berücksichtigung von Mulch- oder Direktsaatverfahren, da diese Nutzung einerseits typisch für das Modellierungsgebiet ist und andererseits Heckenstrukturen gerade bei dieser besonders erosionsanfälligen Reihenkultur mit bis in den Sommer hinein geringen Bodenbedeckungsgraden positive Einflüsse auf das Abflussverhalten erwarten lassen.

Des Weiteren wurde bei der Erstellung der Szenarien versucht, vorhandene Strukturen wie Feldgehölze und Wälder mit Hilfe der fiktiven Hecken im Sinne eines Biotopverbundes zu verbinden.

In einem zweiten Schritt wurden zwei Problemstellungen miteinander verknüpft, Heckenbreite und –dichte, dabei wurde aber der Anteil der Heckenfläche an der Gesamtfläche des Hanges beibehalten. Die Erstellung des Referenzszenarios dient dem Vergleich der erzeugten Szenarien zu einer „heckenlosen“ Situation und damit der Abschätzung des Einflusses von Heckenstrukturen im Allgemeinen.

## **7.3 Eingangsdaten/ Parameter**

### **7.3.1 Geographische Daten**

Durch die geographischen Datengrundlagen werden die Gebietseigenschaften dargestellt, die zwar räumlich differenziert sind, aber zeitlich als konstant angesehen werden. Die dabei genutzten Primärdaten sind in Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26: Zur Modellierung verwendete geographische Daten

Art der Daten	Name / Beschreibung	Auflösung	Datentyp	Quelle
Boden	Kartierung im Rahmen einer Diplomarbeit im Projekt EMTAL an der TU Bergakademie Freiberg		Vektor	MERTING (2005)
Geländemodell	DGM 25 DGM 2	25 m Raster 2 m Raster	Raster	Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung (GeoSN)
Landnutzung	Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLNK) 2005	Bodenauflösung 0,2 m, mittlere Abweichung eines Pixels von seiner tatsächlichen Lage < 0,7m	Vektor	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen (LfULG)

Diese Primärdaten müssen aufgearbeitet werden, bevor sie in das Modell eingelesen werden können. Alle geographischen Daten werden dabei als Rasterdaten von gleicher Auflösung und identischer Größe aufbereitet. Zur Modellanpassung wurde als Auflösung für das Modellierungsgebiet eine Rasterweite von 25 m festgelegt, da es zeit- und rechentechnisch nicht möglich gewesen wäre, das gesamte Modellierungsgebiet in einer 2 m Auflösung zu kalibrieren. Für das Szenariengebiet wurde dann eine 2 m Auflösung gewählt, um die relevanten Heckenstrukturen und deren Einfluss auf das Abflussverhalten abbilden zu können.

### **Boden**

WaSiM-ETH rechnet mit Bodenarten. Diese konnten durch die im Rahmen einer Diplomarbeit durch Bohrstock- und Stechzylinderproben erstellten Bodenkarte des Einzugsgebietes des Reichstädter Baches (MERTING 2005) für die Modellierung genutzt werden.

Die im Bodenmodul für die Richardsgleichung benötigten Parameter wurden anhand von Literaturangaben (SCHULLA 1997, AG BODEN 1994) beziehungsweise mit Hilfe der Pedotransferfunktion nach VAN GENUCHTEN (1980) abgeleitet (Tabelle 27). Pedotransferfunktionen leiten mittels relativ einfach messbarer Bodeneigenschaften, wie beispielsweise Bodenart und Lagerungsdichte, bodenphysikalische Parameter ab, deren direkte Messung oft einen zu hohen Aufwand erfordert (GERBER 2009). Vom Modellentwickler von WaSiM-ETH (SCHULLA 1997) wurde der Ansatz nach VAN GENUCHTEN (1980) zur Ableitung von bodenphysikalischen Parametern genutzt. Für die rechnergestützte Umsetzung dieser Methode der Ableitung physikalischer Bodenparameter

steht das Programm RETC (VAN GENUCHTEN et al. 1991) zur Verfügung. In der vorliegenden Arbeit wurden die von PÖHLER (2006) ermittelten Ergebnisse des Programmes RETC genutzt.

Tabelle 27: Übersicht über die Ableitung der im Bodenmodul von WaSiM-ETH benötigten Parameter (angelehnt an GERBER 2009)

Parameter	Einheit	Bezeichnung	Quelle
$\alpha$	$m^{-1}$	van Genuchten-Parameter, empirischer bodenphysikalischer Parameter	RETC (PÖHLER 2006)
n	-	van Genuchten-Parameter, empirischer bodenphysikalischer Parameter	RETC (PÖHLER 2006)
$\Theta_r$	$m^3/m^3$	Restwassergehalt	RETC (PÖHLER 2006)
$\Theta_s$	$m^3/m^3$	Sättigungswassergehalt	RETC (PÖHLER 2006)
$k_s$	m/s	Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit an der Bodenoberfläche	AG BODEN (1994)
$k_{rec}$	-	Abnahme der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit mit der Tiefe	SCHULLA (1997)
l	-	Anzahl der Bodenschichten	
ld	m	Dicke der Bodenschichten	

## Geländemodell

Für die Wasserhaushaltsmodellierung mit WaSiM-ETH werden eine Vielzahl von Geländeinformationen benötigt (Gefälle, Exposition, Fließzeiten, Flusstiefen, Flussbreiten, Routingstrecken, Einzugsgebiete und die Entwässerungsstruktur mit Gerinneparametern) (SCHULLA 1997), welche direkt aus dem Digitalen Höhenmodell abgeleitet werden können. Zur Ableitung dieser sogenannten Sekundärparameter wurde das Programm zur topographischen Analyse (TANALYS) verwendet. Dieses Programm ermöglicht eine topografische Analyse des digitalen Höhenmodells und berechnet damit die von WaSiM-ETH benötigten Parameter. Die Arbeit von PÖHLER (2006) zeigt, dass TANALYS für die Berechnung von Fließzeiten, Flusstiefen, Flussbreiten, Gefälle und Exposition in mesoskaligen Mittelgebirgseinzugsgebieten sehr gut geeignet ist. Dafür sind dem Programm neben dem digitalen Höhenmodell zwei Parameter vorzugeben, die mittlere Abflusspende (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2002) und der Strickler-Beiwert (STRICKLER 1923).

Für die Berechnung von Fließzeiten, Flusstiefen und Flussbreiten wird in TANALYS die Fließformel nach Manning und Strickler genutzt (SCHULLA 1997). In Tabelle 28 werden einige Literaturangaben aufgelistet, welche als Richtwerte zur Einordnung verwendet wurden.

Untersuchungen von Fließzeiten durch SCHWENDEL (2006) im Weißbacheinzugsgebiet am Oberlauf der Wilden Weißeritz ergaben mittlere Werte von  $18 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Werte aus SCHRÖDER et



al. (1994) für stark bewachsene Erdkanäle und Gräben liegen zwischen 20 und 25 m<sup>1/3</sup>/s und für mit groben Steinen ausgelegte Flussbetten zwischen 25 und 30 m<sup>1/3</sup>/s.

Für die Modellierung des Reichstädter Baches wurde der Strickler-Beiwert von 20 verwendet, da der Reichstädter Bach im Oberlauf in seinem natürlichen und im Unterlauf im besiedelten Teil in einem zum Teil ausgelegten und leicht befestigten Bett fließt (HAGEDORN 2003).

Tabelle 28: Übersicht über Literaturangaben zum Strickler-Beiwert (aus LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG 2002)

<b>Gerinnecharakteristik</b>	<b>Strickler-Beiwert in m<sup>1/3</sup>/s</b>
Wildbach mit grobem Geröll, Geschiebe in Bewegung	<20-22
Gebirgsflüsse mit grobem Geröll	25
Wildbach mit grobem Geröll, ruhendes Geschiebe	25-28
Natürliche Flussbetten mit Geröll und Unregelmäßigkeiten	28-30

## Landnutzung

Die Landnutzung kann in WaSiM-ETH theoretisch beliebig genau codiert werden, was die Eignung des Modells zur Untersuchung von Landnutzungsänderungen in meso- und mikroskaligen Einzugsgebieten unterstreicht. Für die Modellierung wurden die Daten der Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLNK) von 2005 genutzt. Bei der Recherche zu Parametern der Landnutzung zeigte sich, dass die Angaben zu Landnutzungsparametern nicht immer eindeutig sind und je nach Maßstab und Ziel der Untersuchung variieren. Aus diesem Grund wurde versucht, auf Untersuchungen in Mittelgebirgsregionen zurück zu greifen. Die Parametrisierung der Landnutzung erfolgte mit Hilfe verschiedener Quellen und durch Freilanduntersuchungen.

Im Sommer 2005 wurden dazu im Untersuchungsgebiet Parameter an bestehenden Heckenstrukturen und der daran angrenzenden Landnutzung aufgenommen und fotodokumentiert (Abbildung 49, Anhang 12.2 „Bilder Wurzelschurfe“).

Insgesamt wurden 25 verschiedene Parameter an 6 Standorten untersucht (Tabelle 29). Das Aufnahmedatum (13. Juni – 06. Juli) entspricht ungefähr dem Zeitraum des 2. phänologischen Stützpunktes (Tabelle 31).

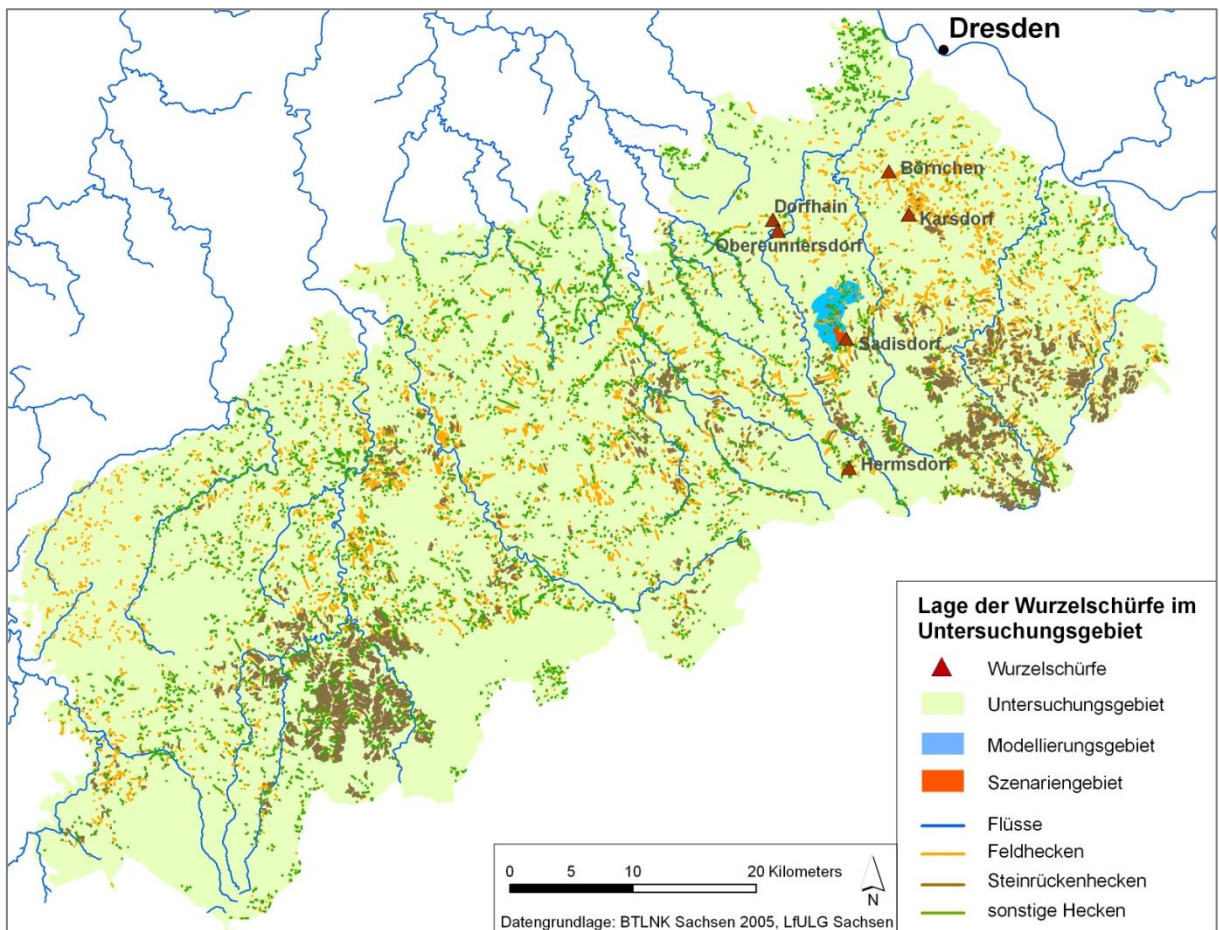


Abbildung 49: Lage der Wurzelschürfe im Untersuchungsgebiet

Tabelle 29: Standorte und Biotoptyp der aufgenommenen Parameter

Aufnahme-nummer	Standort	Biotoptyp
1	Börnchen	standortgerechte Hecke
2	Börnchen	intensiv genutztes Ackerland (Sommergerste)
3	Hermisdorf (Hang Richtersgrund)	standortgerechte Hecke
4	Hermisdorf (Hang Richtersgrund)	sonstig extensiv genutzte Frischwiese
5	Karsdorf	standortgerechte Hecke
6	Karsdorf	sonstig extensiv genutzte Frischwiese
7	Sadisdorf	standortgerechte Hecke
8	Sadisdorf	intensiv genutztes Ackerland (Wintergerste)
9	Dorfhain	standortgerechte Hecke
10	Dorfhain	intensiv genutztes Ackerland (Mais)
11	Obercunnersdorf (Winkelmühle)	standortgerechte Hecke
12	Obercunnersdorf (Winkelmühle)	sonstiges extensiv genutztes Grünland

Betrachtet man die Ergebnisse der Geländeaufnahmen für die Heckenstrukturen, so fällt auf, dass besonders bei den Heckenhöhen, der Länge der Hecke, dem Abstand zur nächsten Heckenstruktur, der Höhe und Deckung der Kraut-, Strauch- und Moosschicht je nach Standort große Unterschiede bestehen (Tabelle 30). Für die Modellierung wurde der Mittelwert von 5 m als Parameter für die Heckenhöhe (Tabelle 31) verwendet.

Tabelle 30: Im Gelände aufgenommene Parameter mit Minimal-, Maximal- und Mittelwert der einzelnen Standorte

Im Gelände aufgenommene Parameter	Min	Max	Mittelwert
maximale Höhe in m			
Hecke	2,7	8,0	4,9
Grünland	0,3	0,6	0,5
Acker Mais	0,8	0,8	0,8
Acker Getreide	0,6	0,8	0,7
Höhe ü mNN			
Aller Standorte	365	740	473,3
Wurzelschurftiefe in cm			
Hecke	45	90	65,8
Grünland	64	70	68,0
Acker Mais	70	70	70,0
Acker Getreide	30	62	46,0
Deckung Krautschicht in %			
Hecke	2	100	47,8
Grünland	80	85	82,0
Acker Mais	40	40	40,0
Acker Getreide	80	80	80,0
Deckung Strauchschicht			
Hecke	70	95	81,7
Deckung Moosschicht in %			
Hecke	0	50	9,5
Grünland	2	3	2,3
Acker Mais	0	0	0,0
Acker Getreide	0	0	0,0
Anteil offener Boden in %			
Hecke	0	80	28,8
Grünland	10	13	11,7
Acker Mais	60	60	60,0
Acker Getreide	20	20	20
Gesamtbedeckungsgrad (abgeleitet) in %			
Hecke	95		
Grünland	85		
Acker Mais	40		
Acker Getreide	80		
Parameter nur aufgenommen für Heckenstrukturen			
Breite der Heckenstruktur in m	6,5	7,5	6,9
Länge der Heckenstruktur	312 m	1500 m	714,7
Minimaler Abstand zur nächsten Heckenstruktur	80 m	> 1000 m	463,3
Geschätztes Alter der Heckenstruktur	5 Jahre	20 Jahre (?)	

Bei den Wurzelschürfen wurde versucht, die maximale Tiefe der meisten Wurzeln zu erreichen. Die Wurzelschurftiefe entspricht daher ungefähr der Bewurzelungstiefe der betreffenden Struktur. Die Freilanduntersuchungen wurden im Juni und Juli durchgeführt, um die Hauptvegetationsperiode abzudecken. Bei überwinternden Pflanzenarten in der Hecke und im Grünland müsste die Wurzeltiefe im Jahresgang nahezu gleichbleibend sein. Bei den einjährigen Ackerkulturen (Getreide und Mais) schwankt die Wurzeltiefe im Jahresgang sehr stark, ist aber in den Sommermonaten am höchsten. Betrachtet man die Ergebnisse der Wurzelschurftiefen nach Biotoptyp, so stellt man fest, dass bei den meisten Standorten die Wurzeltiefe der Hecken größer ist als die der umgebenden Nutzung (Abbildung 50). Der Mittelwert ist beim Ackerland (54 cm) deutlich geringer als bei den Hecken (65,8 cm) und im Grünland (68 cm). Die Mittelwerte für Grünland und Hecke sind fast gleich.

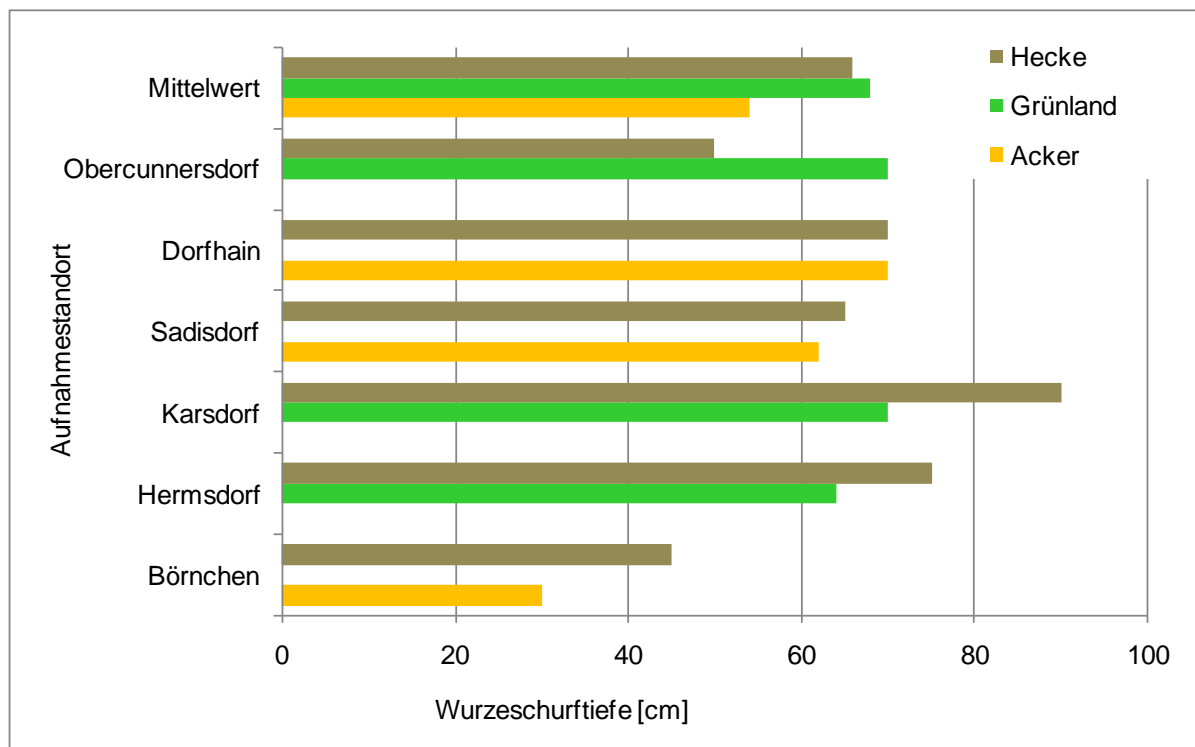


Abbildung 50: Tiefe der Wurzelschürfe nach Biotoptyp und Standort und Mittelwert (eigene Untersuchung)

Die Wurzeltiefe des Grünlandes ist bei allen Aufnahmen ähnlich zwischen 64 und 70 cm. Bei den Hecken schwankt sie stark zwischen 45 und 90 cm, genau wie im Ackerland zwischen 30 und 70 cm. Es lässt sich dabei aber kein Zusammenhang mit der Artenzusammensetzung oder dem Alter der Heckenstruktur feststellen. Ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Kraut- und Strauchschicht, der Höhenlage und dem Alter der Heckenstruktur und der Wurzeltiefe konnte nicht nachgewiesen werden, dabei ist aber zu beachten, dass nur eine geringe Anzahl von Hecken beprobt wurde und auch keine genaueren Analysen des Bodens durchgeführt wurden.

Der als Grundlage zur Verfügung stehende Parametersatz von SCHULLA (1997) wurde mit Hilfe der im Freiland aufgenommenen Parameter, mit Informationen von Landwirten und Literaturangaben an die naturräumlichen Gegebenheiten im Modellierungsgebiet angepasst (Tabelle 31). Die phänologischen Stützpunkte werden für jede Landnutzungsart durch den Zeitpunkt von Blattaustrieb, Blüte, Frucht und Blattverlust beziehungsweise Ernte definiert.

Tabelle 31: Auflistung der für die Modellierung verwendeten Landnutzungsparameter

Parameter	Mais	Hecke
Code	0	1
Landnutzung	Acker Mais	Hecke
Albedo	0,2 <sup>c</sup>	0,2 <sup>c</sup>
Oberflächenwiderstand, monatlich [s/m]		
Januar	80 <sup>c</sup>	80 <sup>c</sup>
Februar	80 <sup>c</sup>	80 <sup>c</sup>
März	75 <sup>c</sup>	70 <sup>c</sup>
April	75 <sup>c</sup>	70 <sup>c</sup>
Mai	65 <sup>c</sup>	50 <sup>c</sup>
Juni	65 <sup>c</sup>	50 <sup>c</sup>
Juli	65 <sup>c</sup>	50 <sup>c</sup>
August	65 <sup>c</sup>	55 <sup>c</sup>
September	65 <sup>c</sup>	55 <sup>c</sup>
Oktober	75 <sup>c</sup>	70 <sup>c</sup>
November	90 <sup>c</sup>	80 <sup>c</sup>
Dezember	90 <sup>c</sup>	80 <sup>c</sup>
phänologischer Stützpunkte (Tag im Jahr)		
1.phänologischer Stützpunkt	125 <sup>a,e</sup>	110 <sup>c</sup>
2.phänologischer Stützpunkt	175 <sup>a,e</sup>	150 <sup>c</sup>
3.phänologischer Stützpunkt	250 <sup>c,e</sup>	250 <sup>c</sup>
4.phänologischer Stützpunkt	295 <sup>a,e</sup>	280 <sup>c</sup>
Blattflächenindex		
1.phänologischer Stützpunkt	0,1 <sup>d</sup>	3 <sup>c</sup>
2.phänologischer Stützpunkt	1 <sup>a</sup>	5 <sup>c</sup>
3.phänologischer Stützpunkt	3 <sup>c,f</sup>	5 <sup>c</sup>
4.phänologischer Stützpunkt	0,1 <sup>d</sup>	3 <sup>c</sup>
effektive Vegetationshöhe [m]		
1.phänologischer Stützpunkt	0,15 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>
2.phänologischer Stützpunkt	0,8 <sup>b</sup>	5 <sup>b</sup>
3.phänologischer Stützpunkt	1,8 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>
4.phänologischer Stützpunkt	0,05 <sup>c</sup>	5 <sup>b</sup>
Bedeckungsgrad [%]		
1.phänologischer Stützpunkt	0,1 <sup>a,d,e</sup>	0,8 <sup>a</sup>
2.phänologischer Stützpunkt	0,4 <sup>b</sup>	0,95 <sup>b,c</sup>
3.phänologischer Stützpunkt	0,95 <sup>a,d,e</sup>	0,95 <sup>c</sup>
4.phänologischer Stützpunkt	0,1 <sup>a,d,e</sup>	0,8 <sup>a</sup>
Durchwurzelungstiefe [m]		
1.phänologischer Stützpunkt	0,1 <sup>a,d</sup>	0,65 <sup>b</sup>
2.phänologischer Stützpunkt	0,6 <sup>b</sup>	0,65 <sup>b</sup>

Parameter	Mais	Hecke
3.phänologischer Stützpunkt	0,6 <sup>b</sup>	0,65 <sup>b</sup>
4.phänologischer Stützpunkt	0,05 <sup>c</sup>	0,65 <sup>b</sup>
Wurzelverteilung	1 <sup>c</sup>	0 <sup>b</sup>
Theta Value ab dem die Evapotranspiration reduziert wird, weil die Saugspannung zu groß ist	3,45 <sup>c</sup>	3,45 <sup>c</sup>
<sup>a</sup> Informationen der Landwirte im Untersuchungsgebiet Erzgebirge und eigene Freilandbeobachtungen <sup>b</sup> abgeleitet aus den Ergebnissen der Freilanduntersuchungen <sup>c</sup> SCHULLA 1997 <sup>d</sup> späterer Vegetationsbeginn und Erntetermin im Erzgebirge <sup>e</sup> WILLMS et. al 2010 <sup>f</sup> SCHILLING 1990, SCHRÖDTER 1985		

### 7.3.2 Meteorologische und hydrologische Daten

Zur Modellierung wurden die in Tabelle 32 dargestellten meteorologischen und hydrologischen Daten verwendet.

Tabelle 32: Zur Modellierung verwendete meteorologische und hydrologische Daten

Art der Daten	Name / Beschreibung	Auflösung	Quelle
Meteorologische Daten	Klimastation Dippoldiswalde (1997-2008)	Tageswerte	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen (LfULG) (Dippoldiswalde)
	Klimastation Wildacker (1997-2008)	Tages- und Stundenwerte	TU Dresden
Pegeldaten	Pegeldaten des Pegels Reichstädter Bach (seit 1981 automatisch schreibender Schwimmpegel mit Fernübertragung, Messwert aller 15min)	Tageswerte	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen (LfULG)

Als meteorologische Daten wurden die Stationswerte der Klimaelemente Niederschlag, Temperatur, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer und relative Luftfeuchtigkeit der Zeitreihe 1997 bis 2008 verwendet. Da die Landnutzung von 2005 als Eingangsdatensatz genutzt wurde, wird dieser Zeitraum als zur Modellierung günstig eingeschätzt, da die Landnutzung in diesem Zeitraum der 2005 erhobenen Landnutzung entsprechen haben dürfte.

Die möglichst genaue Abbildung des tatsächlichen Niederschlagsgeschehens ist für die Modellierungsgüte von höchster Bedeutung, deshalb wurde zur Modellierung zuerst die nahe am Modellierungsgebiet gelegene Klimastation Dippoldiswalde als Datengrundlage herangezogen. Testrechnungen mit den Klimawerten der Station Wildacker zeigten aber eine

deutliche Verbesserung der Modellergebnisse, weshalb auch diese Station zusätzlich als Datengrundlage genutzt wurde (Abbildung 16).

Die Interpolation der beiden Stationsdaten erfolgt durch das Programm WaSiM-ETH und wurde mit Hilfe einer abstandgewichteten Interpolationsmethode, der Inverse Distance Weighting (IDW) durchgeführt. Damit werden die horizontalen Abstände der Interpolationswerte zu den Stationen betrachtet, wobei die Messwerte der einzelnen Stationen nach der Reziproken ihrer Entfernung zu der Interpolationsstelle gewichtet und addiert werden. Dabei ist der Einfluss der am nächsten liegenden Station (Dippoldiswalde) größer als der einer weiter entfernten (Wildacker).

Zur Kalibrierung und Validierung des Modells wurden Pegeldata des Pegel Reichstädt am Gebietsauslass (Abbildung 5) in der Auflösung als Tageswerte verwendet.

Die Pegelmessstation ist als Gebietsaustritt festgelegt und auf 361,5 m ü. NN eingemessen worden. Die Qualität der Pegeldata ist größtenteils gut, nur im extrem sommertrockenen Jahr 2003 weisen sie unverhältnismäßig niedrige Werte auf.

## 7.4 Modellanpassung

### 7.4.1 Grundlagen der Kalibrierung und Validierung

Die Qualität der Anpassung des Wasserhaushaltsmodells an die regionalen Gebietseigenschaften wird durch den Vergleich der Modellierungsergebnisse zu Pegelmesswerten am Gebietsauslass ermittelt. Die Modellanpassung erfolgt zweistufig durch die Prozesse der Kalibrierung und der Validierung. Unter Kalibrierung wird dabei der Abgleich von Modellrechenergebnissen mit gemessenen Zuständen verstanden (WALSKI et al. 2003). Im Prozess der Modellkalibrierung wird das Modell durch die Festlegung von Parameterwerten an die Beobachtungswerte angepasst, um eine möglichst gute Übereinstimmung der simulierten mit den Pegelwerten zu erhalten. Bei der Validierung wird anhand eines unabhängigen Datensatzes überprüft, ob die Prozesse des Realsystems innerhalb des Modells richtig abgebildet werden. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die Modellergebnisse für eine unabhängige Periode eine ähnliche Korrelation zu den gemessenen Daten aufweisen wie für den zur Kalibrierung herangezogenen Zeitabschnitt (KREITER 2007).

Bei der Modellanpassung muss darauf geachtet werden, dass eine genügend lange Beobachtungszeit betrachtet wird. In der vorliegenden Arbeit wurde der jeweilige Zeitraum auf ein Abflussjahr festgelegt, dieses beginnt am 01. November und endet am 31. Oktober (DIN 4049-3 1994). Grundlage für diese Festlegung ist die Annahme, dass im Spätherbst die

Speicher der Pedosphäre im Allgemeinen gering gefüllt sind, bevor deren Wiederauffüllung durch winterliche Schneefälle einsetzt (GERBER 2009).

Die größten Unsicherheiten bei der korrekten Abbildung des Wasserhaushaltes mit WaSiM-ETH liegen in den klimatischen Eingangsdaten. Darauf weist bereits der Modellentwickler hin (SCHULLA 1997), aber auch eine umfangreiche Untersuchung zur Unsicherheit bei der Wasserhaushaltsmodellierung mit WaSiM-ETH von GRUNDMANN (2010) kommt zu demselben Schluss. GRUNDMANN (2010) stellt weiterhin fest, dass die Abbildung des Beginns eines Hochwasserereignisses mit größeren Unsicherheiten behaftet ist, als die Abbildung des weiteren Ereignisfortschrittes. Insgesamt ist festzustellen, dass mit steigender Länge des zur Modellanpassung genutzten Zeitabschnittes auch die Belastbarkeit der Modellergebnisse steigt.

Zur Bewertung der Modellanpassung im Zuge der Kalibrierung und Validierung sind Ganglinienvergleiche nötig, die zuerst optisch-subjektiv erfolgen, dann aber durch statistische Kenngrößen in der Art und Weise ihrer Übereinstimmung beschrieben werden können. Das Modell WaSiM-ETH bietet modellintern eine Reihe von statistischen Werkzeugen, die sich in bisherigen Untersuchungen bewährt haben (z.B. NIEHOFF 2001, HERTWIG 2004, PÖHLER 2006, PAVLIK 2007, GERBER 2009) und auf die auch hier zurückgegriffen wird. Zusätzlich wird als sehr einfaches Gütekriterium das Gesamtvolumen zwischen berechnetem und gemessenem Abfluss verglichen.

Als robusteste Gütemaße zum Vergleich von Ganglinien haben sich die Berechnung des Bestimmtheitsmaßes ( $R^2$ ) und der erklärten Varianz (EV) bewährt. Das Bestimmtheitsmaß wird nach Gleichung [1] als das von Eins abgezogene Verhältnis der Summe der Quadrate der Residuen (Reststreuung) zur Streuung der Messdaten definiert (SCHULLA 1997).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - x_i)^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad [1]$$

mit	$y_i$	simulierter Wert
	$x_i$	gemessener Wert
	$\bar{x}$	mittlerer gemessener Wert

Da das Bestimmtheitsmaß streng genommen normalverteilte Stichproben voraussetzt, eine Voraussetzung, die Abflussdaten nicht erfüllen, haben die Abflüsse von Hochwasserspitzen einen höheren Einfluss auf dieses Gütemaß als mittlere und niedrige, die korrekte Wiedergabe der Spitzenabflüsse wird also verstärkt gewichtet (GERBER 2009). Um auch mittlere und niedrige Abflüsse korrekt einschätzen zu können, müssen die gemessenen und modellierten Werte zuvor annäherungsweise in eine Normalverteilung transformiert werden (SCHULLA



1997). Die einfachste Form dieser Transformation ist die Bildung von Logarithmen. Mit der Berechnung der Bestimmtheitsmaße von logarithmierten und nicht logarithmierten Werten kann also die Einschätzung der Modellgüte für niedrige, mittlere und Spitzenabflüsse gleichermaßen erfolgen (GERBER 2009).

Als zweites Gütemaß wird die erklärte Varianz nach Gleichung [2] genutzt (SCHULLA 1997), diese ermöglicht Rückschlüsse auf systematische Fehler, da sie systematische Ordinatenverschiebungen der modellierten zu den gemessenen Daten erkennt.

$$EV = 1 - \frac{\sum_i (\varepsilon_i - \mu_\varepsilon)^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad [2]$$

mit	$\varepsilon_i$	Abweichung des berechneten vom gemessenen Wert ( $y_i - x_i$ )
	$\mu_\varepsilon$	mittlere Abweichung der berechneten von den gemessenen Werten
	$x_i$	gemessener Wert
	$\bar{x}$	mittlerer gemessener Wert

Auch die erklärte Varianz ist streng genommen nur für normalverteilte Stichproben gültig, weshalb auch sie sowohl für logarithmierte als auch nicht logarithmierte Daten berechnet wird. Alle Gütemaße werden für  $\pm 10$  Zeiteinheiten berechnet, um so zeitliche Verschiebungen der zu vergleichenden Ganglinien zu ermitteln (SCHULLA 1997).

#### 7.4.2 Anpassung des Modells im Modellierungsgebiet Reichstädter Bach

Die Modellkalibrierung des Modellierungsgebietes erfolgte am Pegel Reichstädt am Gebietsauslass (Abbildung 5). Seit 1981 ist der Pegel ein automatisch schreibender Schwimmpegel mit Fernübertragung der Messwert aller 15 min. Zur Kalibrierung wurden Tageswerte von einem Jahr mit durchschnittlichem Sommerniederschlag (2008), einem Jahr mit einem feuchten Sommer (2001) und einem Jahr mit einem trockenen Sommer (2000) verwendet (Abbildung 17). Dabei bezieht sich die statistische Einordnung nach Niederschlagsmenge auf den modellierten Zeitraum von 1997-2008.

In den Abbildung 51 bis Abbildung 53 sind die Ganglinienvergleiche der kalibrierten Jahre dargestellt, alle validierten Jahre befinden sich im Anhang (12.3 „Validierungsergebnisse“).

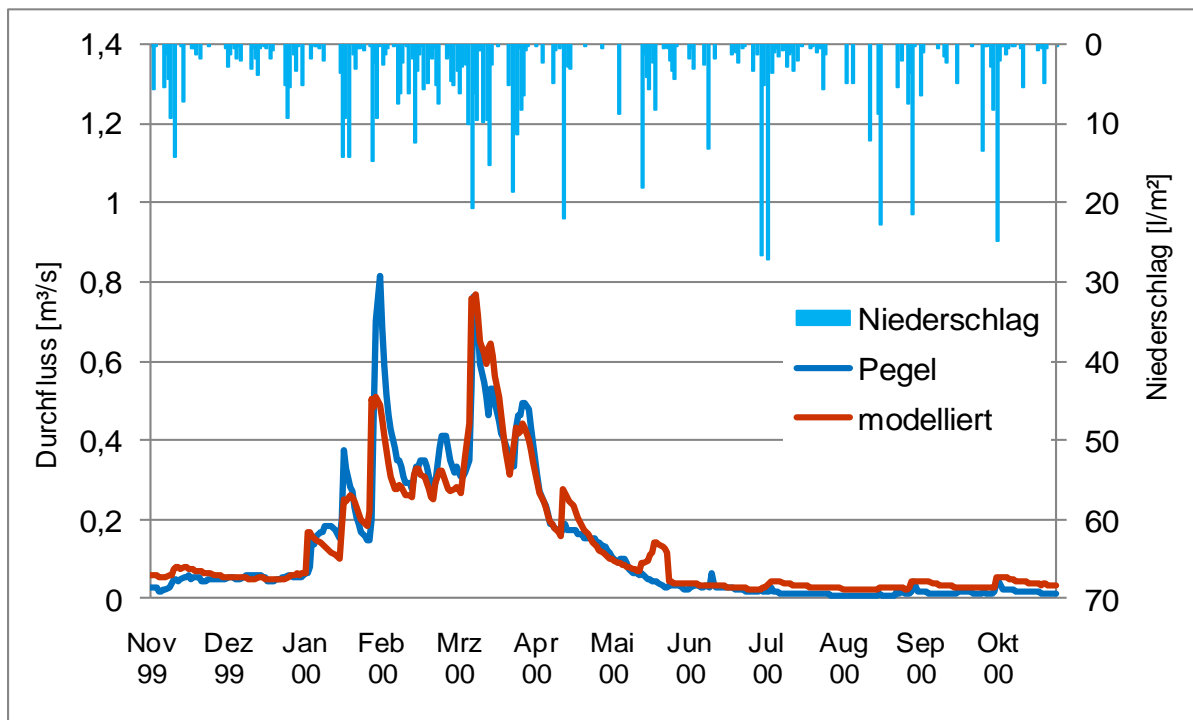


Abbildung 51: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2000 (Pegel Reichstädter Bach)

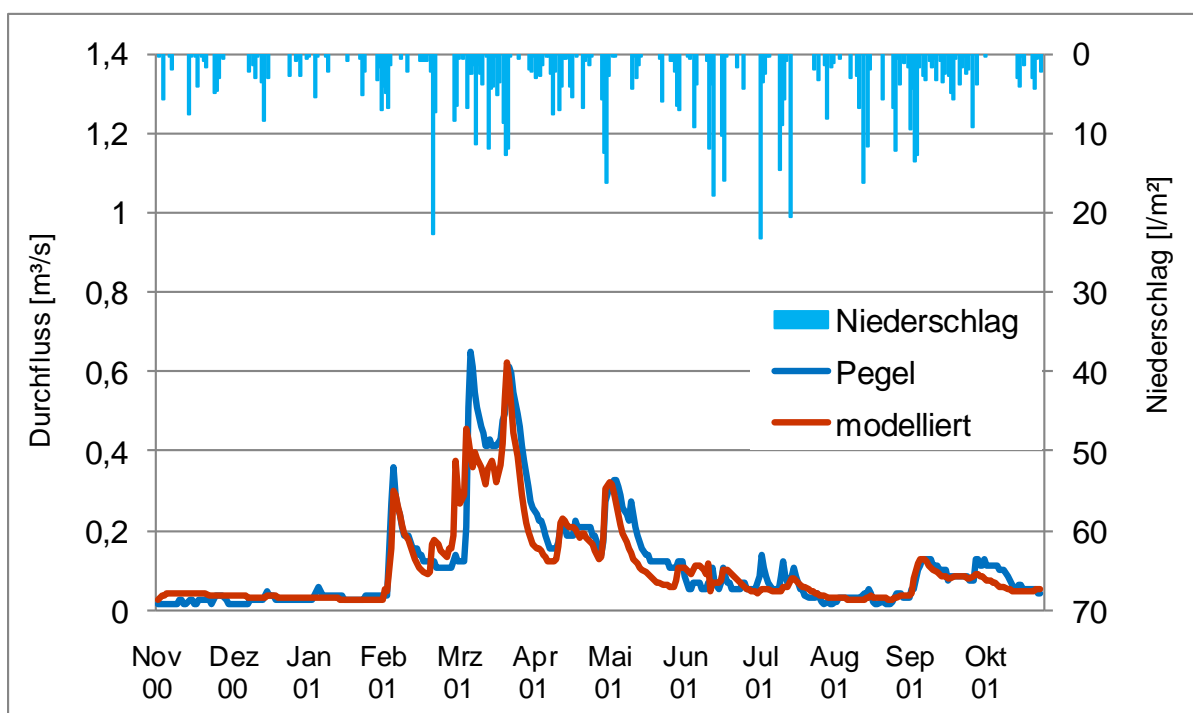


Abbildung 52: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2001 (Pegel Reichstädter Bach)

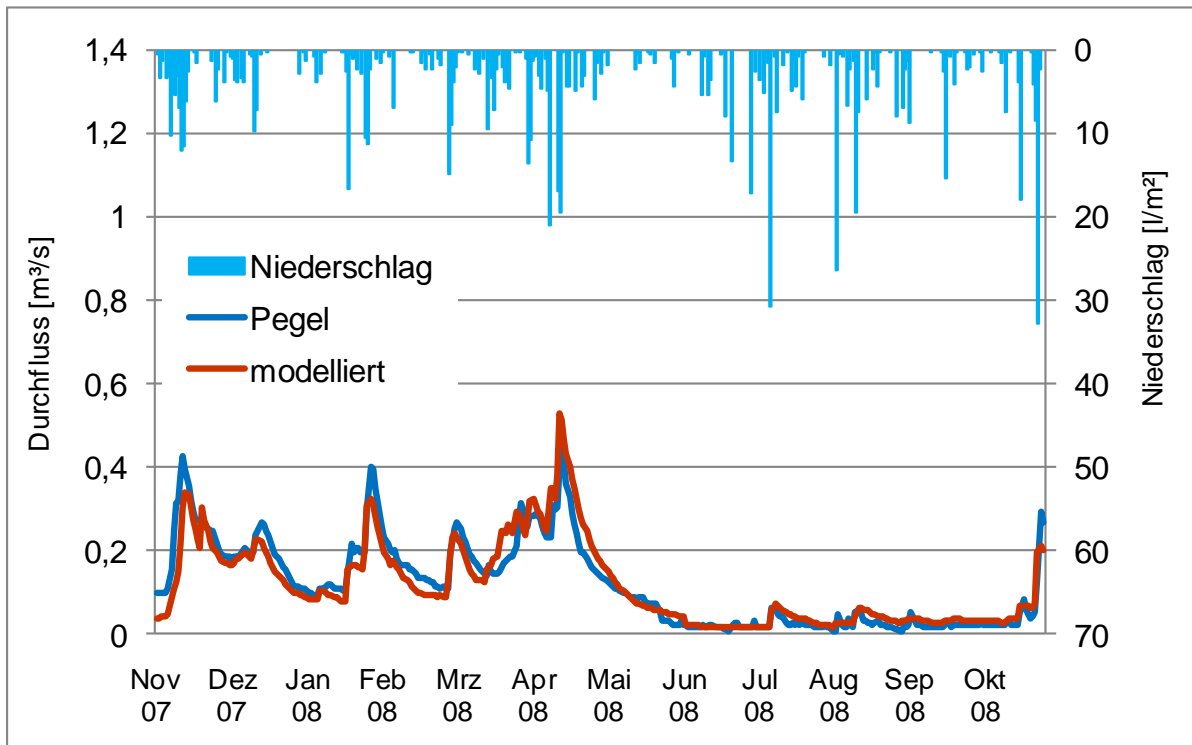


Abbildung 53: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2008 (Pegel Reichstädter Bach)

Die Übersicht der berechneten statistischen Gütemaße zeigt für alle Jahre eine gute, teilweise sehr gute Anpassung der simulierten Abflüsse an die gemessene Abflussganglinie (Tabelle 33).

Tabelle 33: Die berechneten statistischen Gütemaße für die Modellanpassung 1997 – 2008 am Zeitpunkt  $\pm 0$  (Auflösung Tageswerte, 25 m x 25 m Raster)

	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> der logarithmierten Werte</b>	<b>EV</b>	<b>EV der logarithmierten Werte</b>	<b><math>\Delta</math> Vol [%]</b>	<b>Niederschlag Sommerhalbjahr</b>
1997	0.84	0.81	0.84	0.80	7.9 (-)	D
1998	0.79	0.84	0.79	0.81	3.3 (+)	F
1999	0.81	0.91	0.64	0.91	8.1 (-)	D
2000	0.91	0.90	0.91	0.86	5.2 (+)	T
2001	0.86	0.84	0.90	0.84	8.2 (-)	F
2002	0.72	0.71	0.66	0.95	20.5 (+)	F
2003	0.71	0.52	-0.23	0.28	35.1 (-)	T
2004	0.71	0.28	0.66	0.28	17.8 (+)	D
2005	0.76	0.79	0.69	0.78	1.9 (-)	D
2006	0.79	0.74	0.73	0.73	4.2 (+)	T
2007	0.81	0.81	0.79	0.79	3.5 (-)	F
2008	0.86	0.90	0.87	0.89	1.5 (-)	D
Mittelwert	0.80	0.75	0.69	0.74	9,77	-

D = Durchschnitt, F= feucht, T= trocken, bezogen auf die Jahre 1997-2008

$\Delta$  Vol = Modell - Pegel

Der Vergleich zwischen den Gütemaßen der untransformierten und der in ihre Logarithmen transformierten Modellergebnisse lässt auf die Güte der Modellierung des Abflusskontinuums schließen. Sind die linearen Kriterien wesentlich grösser als die logarithmischen Kriterien, so sind zwar die Hochwasserereignisse relativ genau modelliert, aber nicht die Niedrigwasserphasen (SCHULLA 1997). Dies trifft beispielsweise für das Jahr 2004 zu. Große Werte bedeuten für die logarithmischen Gütekriterien bei gleichzeitig kleinen Werten für die linearen, dass die Hochwasserspitzen ungenauer modelliert wurden, die Mittel- und Niedrigwasserphasen dagegen besser (SCHULLA 1997). Dies ist zum Beispiel im Jahr 1999 der Fall.

Zur Bewertung der berechneten Gütemaße finden sich in der Literatur leicht variierende Angaben (Tabelle 34). Im Allgemeinen kann die erzielte Modellanpassung als gut bis sehr gut eingestuft werden. Besonders gute Werte wurden in den Jahren 2000 ( $R^2$  0.91,  $\Delta$  Vol. 5.2%), 2001 ( $R^2$  0.86,  $\Delta$  Vol. 8.2%) und 2008 ( $R^2$  0.86,  $\Delta$  Vol. 1.5%) erzielt.

Tabelle 34: Einordnung der berechneten Modellgüten nach KREITER (2004) und ANDERSEN et al. (2001)

Anpassung	Gütemaße			
	$R^2$ [-]		$\Delta$ VOL [%]	
	KREITER (2004)	ANDERSEN et al. (2001)	KREITER (2004)	ANDERSEN et al. (2001)
sehr gut	> 0,85	> 0,95	< 5	< 5
gut	0,85 – 0,65	0,95 – 0,85	5 - 10	5 - 10
brauchbar	0,65 – 0,35	0,85 – 0,7	10 - 15	10 - 20
schlecht	< 0,35	< 0,7	> 15	> 20

In einzelnen Jahren ist ein zu schneller Rückgang der modellierten Abflüsse gegenüber den gemessenen Pegelwerten festzustellen. Die Ursache dafür liegt im Zusammenspiel des Skalierungsparameters für den Interflow ( $dr$ ) und der Abnahmekonstante ( $k_{rec}$ ) für die gesättigten hydraulischen Leitfähigkeiten mit zunehmender Bodentiefe. Die durch Parameteroptimierung nach SCHULLA & JASPER (1998) gefundene Parameterkombination stellt den optimalen Kompromiss im Zusammenspiel beider Parameter dar, der über den gesamten Zeitraum zu vergleichbar guten Modellgüten führt. Teilweise gehen die modellierten Abflüsse nach stärkeren Regenereignissen deutlich schneller zurück als dies der Pegel anzeigt.

Deutlich werden aber auch leichte Schwächen in der Abbildung von Extremereignissen, wie das Hochwasser 2002 und die Trockenheit 2003. Die erklärte Varianz und die Volumenänderung für das extrem sommertrockene Jahr 2003 weist sehr schlechte Modellgüten aus ( $EV$  -0.23,  $\Delta$  Vol. 35.1%). Das könnte auf einen trockenheitsbedingten

Messfehler der Pegelerfassung zurückzuführen sein oder durch die Abführung des Wassers des Reichstädter Baches vor dem Pegel in die nahegelegenen Fischteiche.

## 7.5 Ergebnisse der hydrologischen Modellierung

### 7.5.1 Ergebnisse der Untersuchungen zur Rasterauflösung

Wie in Kapitel 7.4 erläutert, erfolgte die Modellanpassung mit einer Rasterauflösung der geographischen Eingangsdaten von 25 m. Um systematische Fehler auszuschließen, wurde im Szenariengebiet ein Vergleich von unterschiedlichen Rasterauflösungen für das Normaljahr 2008 (sowohl die Summe der Sommer- als auch der Winterniederschläge entsprechen dem Mittelwert) gerechnet.

Vergleicht man die Abflüsse am Gebietsauslass, so sind die Abflussspitzen bei einer 2 m Rasterauflösung durchweg leicht niedriger als bei der 25 m Rasterweite (Abbildung 54).

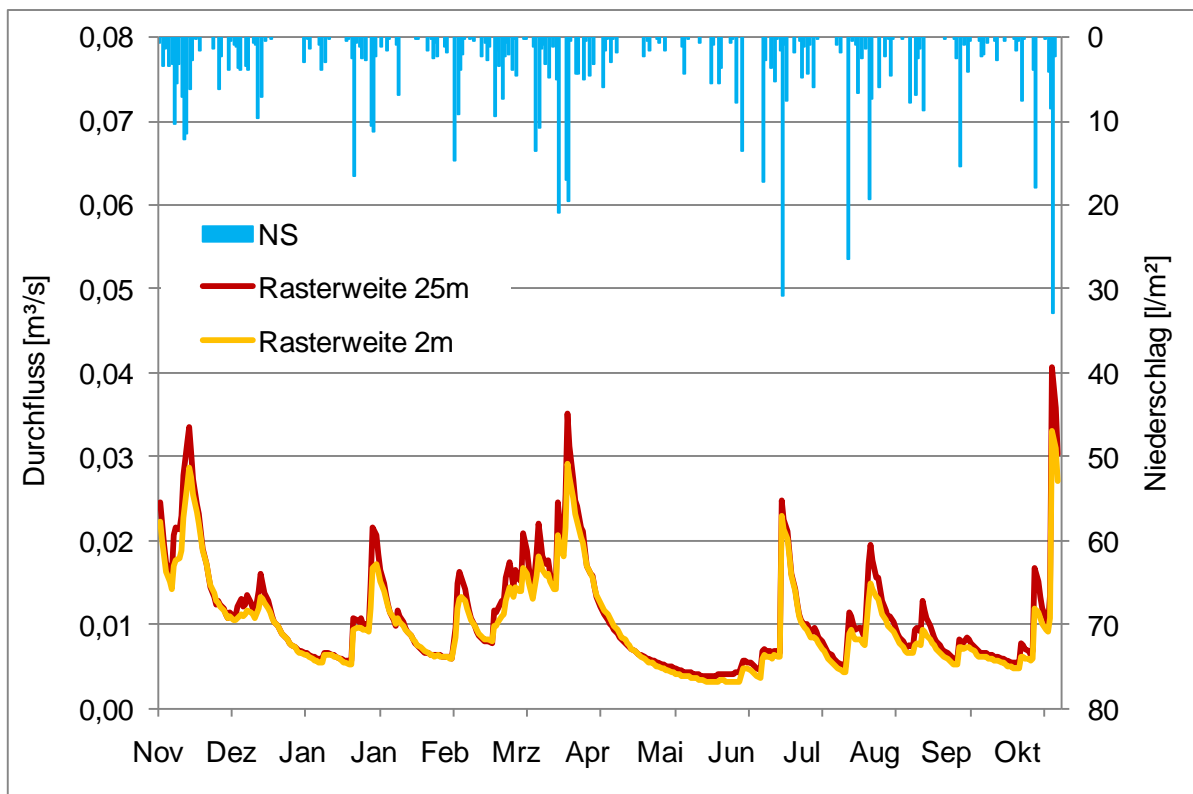


Abbildung 54: Vergleich der Abflüsse am Gebietsauslass des Szenariengebietes bei unterschiedlicher Rasterauflösung

Mögliche Ursachen können einerseits in der besseren Wiedergabe der Geländeoberfläche liegen, da dabei eventuell mehr Zwischenspeicher in Form von Mulden entstehen. Bei den Berechnungen wurde jeweils der gleiche Strickler-Beiwert verwendet, durch die feiner aufgelöste Geländestruktur kommt es aber wahrscheinlich zu einer höheren Rauigkeit und dadurch zu einem geringeren Abfluss (Abbildung 55).

Andererseits werden bei einer 2 m Auflösung der Landnutzungsdaten auch abflussminimierende Kleinstrukturen wie Gebüsch, Baumgruppen und -reihen mit abgebildet, die bei einer 25 m Auflösung teilweise verloren gehen (Abbildung 56). Der geringere Abfluss könnte also auch in der detaillierten Auflösung der Landnutzung begründet liegen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Abflüsse der untersuchten Rasterweiten in ihrer Qualität nahezu identisch abgebildet werden, lediglich die Quantität ist etwas unterschiedlich. Die Parameter der Modellanpassung mit einer Rasterauflösung von 25 m (Modellierungsgebiet) werden damit für Modellierung der Szenarien (Szenariengebiet) mit einer Auflösung von 2 m als geeignet angesehen.

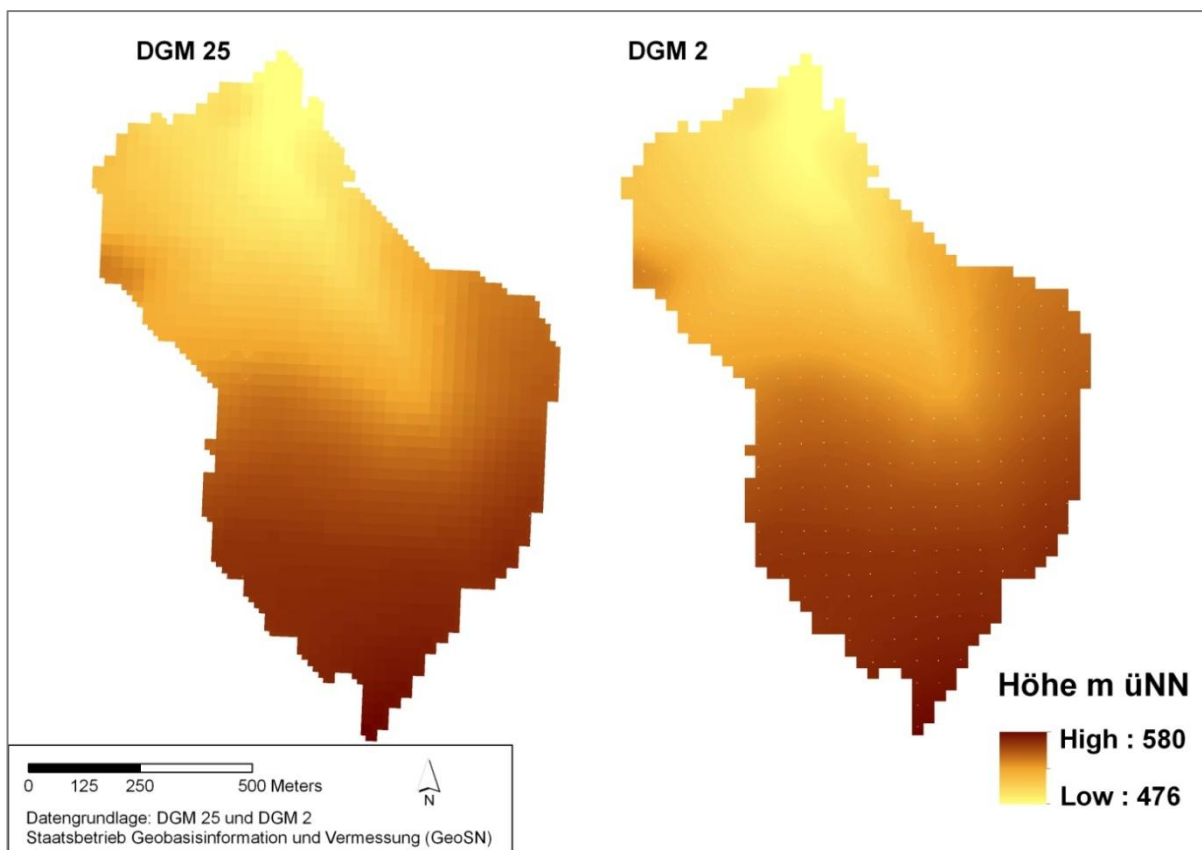


Abbildung 55: Vergleich des digitalen Geländemodells (DGM) bei unterschiedlichen Rasterauflösungen

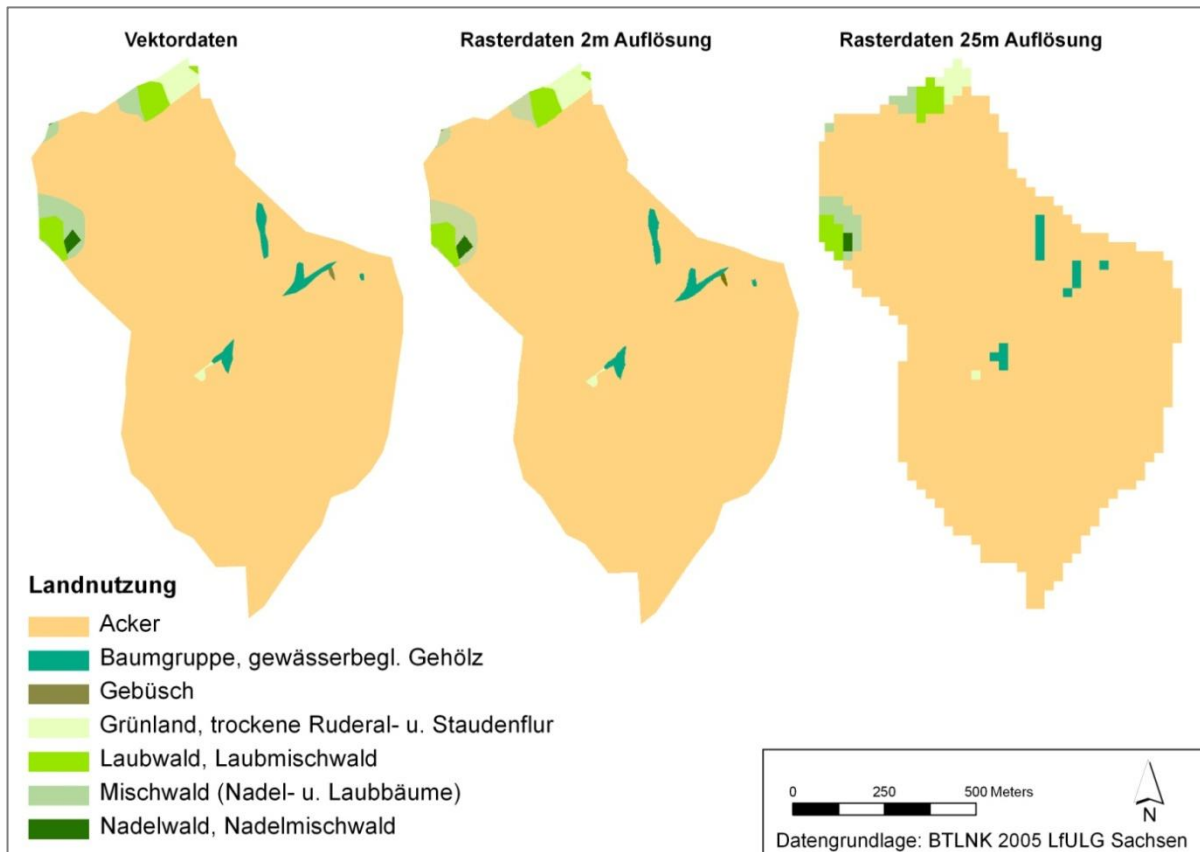


Abbildung 56: Vergleich der Landnutzungsdaten bei unterschiedlichen Rasterauflösungen

### 7.5.2 Ergebnisse der Szenarienberechnung – verlaufsbezogen

Nach erfolgreicher Modellanpassung wurden die Veränderungen im Abflussregime bei den entwickelten Szenarien im Szenariengebiet berechnet. Neben dem Vergleich der Änderung des Gesamtabflusses bei den einzelnen Szenarien wird dabei insbesondere auf die vermutlichen Haupteinflussfaktoren Niederschlagsmenge, Niederschlagsverteilung, Heckenbreite und Heckendichte sowie die Auswirkungen eines Heckensaumes eingegangen. Bei der Untersuchung zum Einfluss von Niederschlagsmenge und -verteilung wurden alle 12 Jahre (1997 – 2008) untersucht, für die weitere Betrachtung der einzelnen Parameter (Heckenbreite, -dichte und -struktur) wurden die Ergebnisse des Jahres 2000 ausgewählt, da sich in allen modellierten Jahren die gleichen Trends beobachten ließen, das Jahr 2000 sehr gute Modellgüten aufweist (siehe Tabelle 33) und es sich andererseits um ein Jahr mit einer normalen Niederschlagsbilanz im Jahresmittel (siehe Abbildung 17) und einer etwa dem durchschnittlichen Mittel entsprechenden Niederschlagsverteilung im Jahresgang handelt (Abbildung 57), da das Szenariengebiet zum Mittelgebirgstyp gehört, welcher durch zwei Niederschlagsmaxima, je eins im Sommer (Juni – August) und eins im Frühwinter (November/Dezember) charakterisiert ist. Dabei ist zu beachten, dass natürlich die

Mittelwerte (1997-2008) eine geringere Schwankung aufweisen (zwischen 0 und 1,5 mm/d) als die Werte des Jahres 2000 (zwischen 0 und 6 mm/d).

Vergleicht man die prozentuale Veränderung im Abflussgeschehen von verschiedenen Jahren mit dem Ziel, typische Einflussmuster zu erkennen, überprägt die absolut im jeweiligen Jahr gefallene Niederschlagsmenge das Ergebnis. So wird in einem niederschlagsarmen Jahr die gleiche absolute Abflussveränderung eine größere prozentuale Änderung ergeben, wie in einem niederschlagsreichen Jahr. Aus diesem Grund wurden die nachfolgend dargestellten prozentualen Veränderungen immer auf die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge im Untersuchungszeitraum normiert.

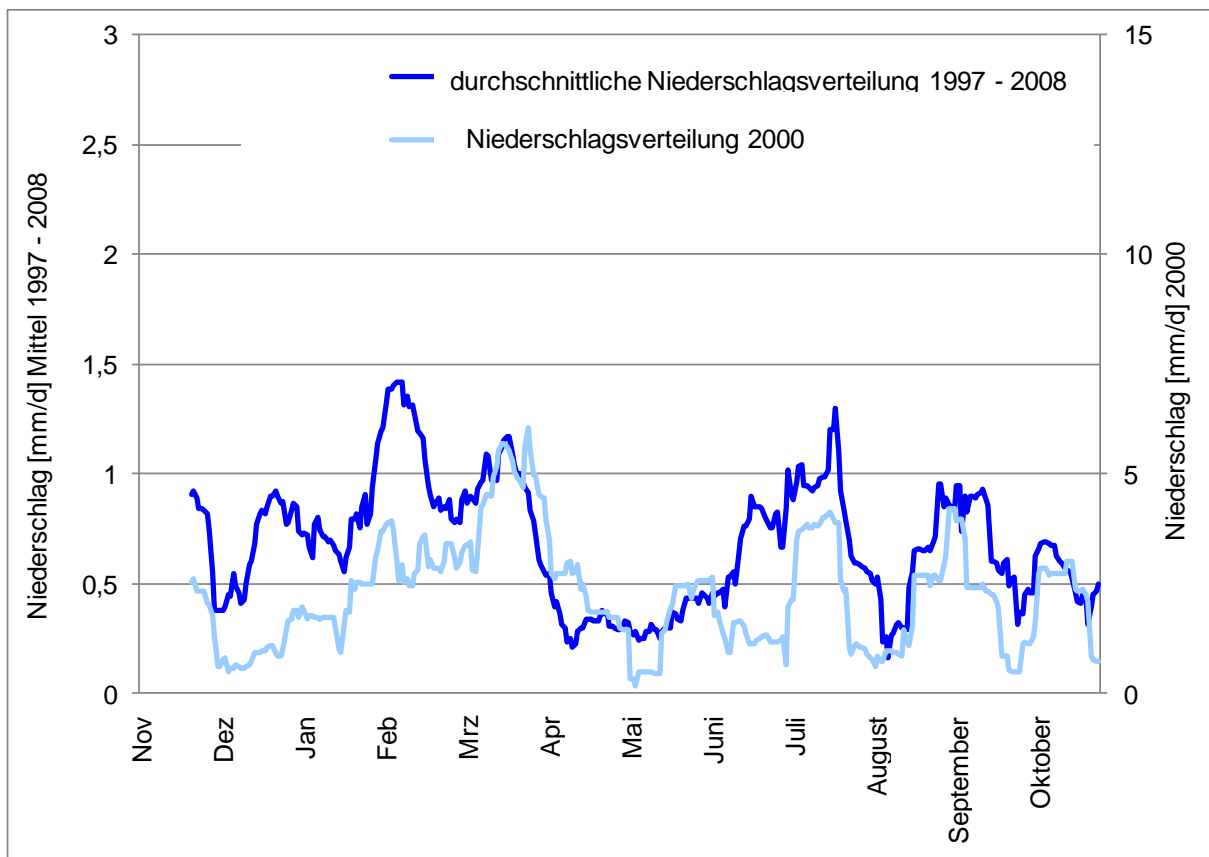


Abbildung 57: Vergleich der durchschnittlichen Niederschlagsverteilung (1997-2008) und Niederschlagsverteilung der Jahres 2000

### Veränderung des Gesamtabflusses bei den einzelnen Szenarien

Die Tabelle 35 zeigt die Veränderung des Gesamtabflusses der berechneten Szenarien in Bezug auf den Istzustand (ohne Hecken). Dabei liegt die Reduktion zwischen maximal 18,8 % (4x15, 2003) und minimal 4,4 % (Saum, 2002).

In der Diagrammdarstellung (Abbildung 58) wird deutlich, dass die Ergebnisse, normiert auf die gefallene Niederschlagssumme, der Szenarien mit unterschiedlichen Heckenflächenanteilen (4x5 - 1,4 ha, 4x10 - 2,95 ha, 4x15 - 4,45 ha, Saum - 0,7 ha, vgl.



Anhang 12.1 „Kennblätter der Heckenszenarien“) deutlich variieren, die Ergebnisse der Szenarien mit gleicher Heckenfläche (4x5, uH, mH, oH – alle 1,4 ha) aber nur geringfügig. So bringt das Szenario mit der größten Heckenfläche (4x15) in allen modellierten Jahren die meiste Reduktion, von minimal 8,0 % (2002) bis maximal 18,8 % (2003). Das Szenario 4x10 bringt in allen Jahren deutlich weniger Reduktion als das Szenario 4x15, die Differenz zwischen beiden Szenarien liegt zwischen 1,6 % (1998) und 6,5 % (2003). Alle anderen Szenarien (4x5, uH, mH, oH) bringen noch einmal deutlich weniger Reduktion im Vergleich zum 4x15 Szenario, von 3,0 % (1998) bis zu 12,6 % (2003). Der Unterschied zwischen den Szenarien mit gleicher Heckenfläche beträgt maximal 1,0 % (2007) zwischen Szenario 4x5 und uH / mH / oH.

Tabelle 35: Veränderung des Gesamtabflusses, normiert auf die gefallene Niederschlagssumme der einzelnen Heckenszenarien für alle modellierten Jahre in % bezogen auf den Istzustand (ohne Hecken)

Modellierte Jahre	Modellierte Szenarien						
	4x5	4x10	4x15	uH	mH	oH	Saum
	Veränderung des Gesamtabflusses eines Jahres bezogen auf den Istzustand (ohne Hecken) in %						
1997	-9,7	-11,8	-14,2	-9,7	-9,7	-9,7	-9,4
1998	-5,8	-7,3	-8,9	-5,8	-5,8	-5,8	-5,6
1999	-6,7	-8,4	-10,2	-6,4	-6,4	-6,4	-6,2
2000	-6,7	-8,6	-10,7	-6,5	-6,5	-6,5	-6,4
2001	-9,5	-12,0	-14,8	-9,2	-9,2	-9,2	-8,8
2002	-4,8	-6,4	-8,0	-4,6	-4,6	-4,6	-4,4
2003	-6,2	-12,2	-18,8	-5,4	-5,6	-5,5	-4,6
2004	-8,5	-11,0	-13,7	-8,5	-8,6	-8,5	-8,2
2005	-5,5	-7,2	-9,2	-6,3	-6,3	-6,3	-6,0
2006	-9,7	-12,7	-16,2	-9,6	-9,7	-9,6	-9,2
2007	-7,9	-11,5	-14,2	-8,9	-8,9	-8,9	-8,5
2008	-8,0	-10,3	-12,8	-7,9	-8,0	-8,0	-8,5

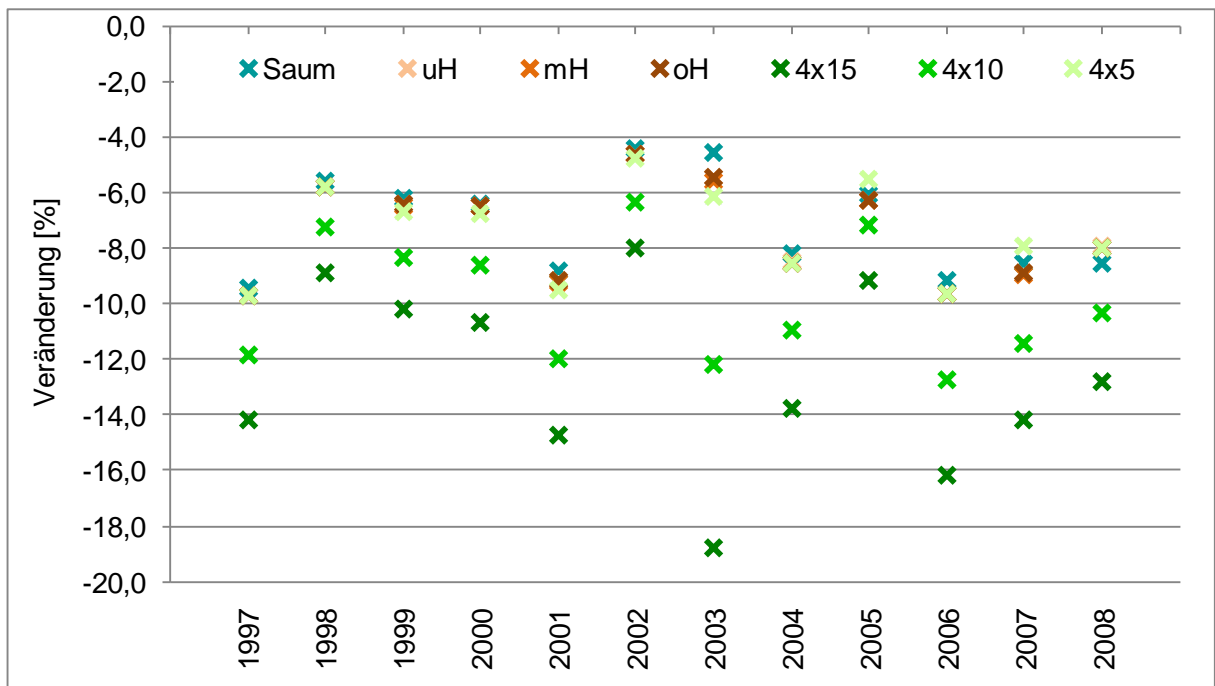


Abbildung 58: Veränderung des Gesamtabflusses eines Jahres in % für alle Szenarien und Jahre normiert auf die Niederschlagssumme des betreffenden Jahres

### Einfluss der Niederschlagsmenge auf die Abflussveränderung

Vergleicht man die mittlere Abflussreduktion in den trockenen (1997, 2003, 2004, 2006), feuchten (1998, 2000, 2002, 2005) und normalen (1999, 2001, 2007, 2008) Jahren (bezogen auf das Sommerniederschlagsregime) (Abbildung 59), so zeigt sich ein deutlicher Trend. Die Abflussreduktion, normiert auf die Niederschlagssumme des betreffenden Jahres, ist bei fast allen Szenarien am größten in trockenen und durchschnittlichen Jahren und am geringsten in feuchten Jahren.

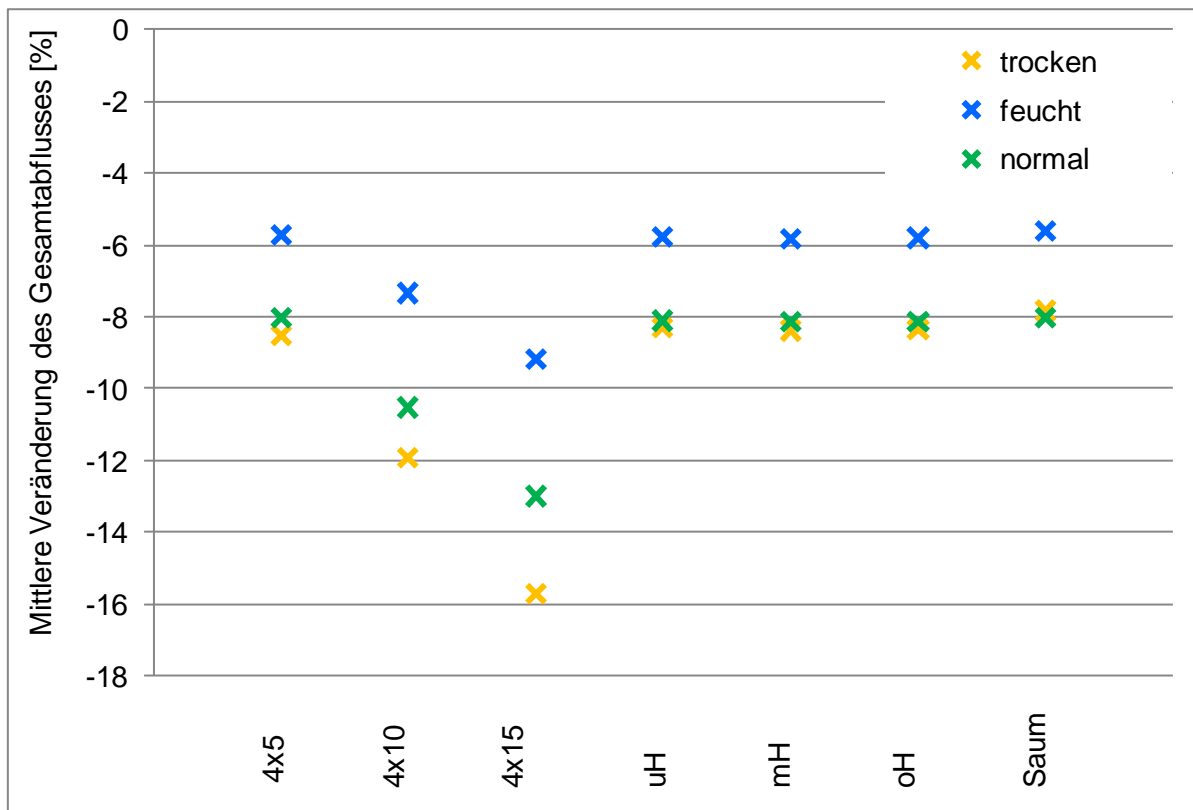


Abbildung 59: Mittlere Veränderung des Gesamtabflusses in % in trockenen, feuchten und durchschnittlichen (normalen) Jahren normiert auf die Niederschlagssumme des betreffenden Jahres

### Einfluss der Niederschlagsverteilung auf die Abflussveränderung

Weiter zeigte sich, dass bei einem ausgeglichenen Niederschlagsregime im Jahr mit wenig Niederschlagsspitzen die Abflussminderungspotenziale am höchsten sind. Als statistisches Maß dazu eignet sich die Varianz nach Gleichung [3], welche das Maß der Streuung einer Variablen angibt.

$$V = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad [3]$$

mit  $x_i$  gemessener Wert  
 $\bar{x}$  mittlerer gemessener Wert  
 $n$  Anzahl aller gemessenen Werte

Abbildung 60 zeigt den Zusammenhang zwischen der Varianz der Niederschlagsverteilung und der Abflussreduktion für trockene, feuchte und durchschnittliche Jahre. Insgesamt konnte außer bei 2006 und 2000 für alle Jahre gezeigt werden, dass mit steigender Varianz die Abflussreduktion sinkt. Je gleichverteilter die Niederschläge im Jahr auftreten, desto höher ist die Reduktion.

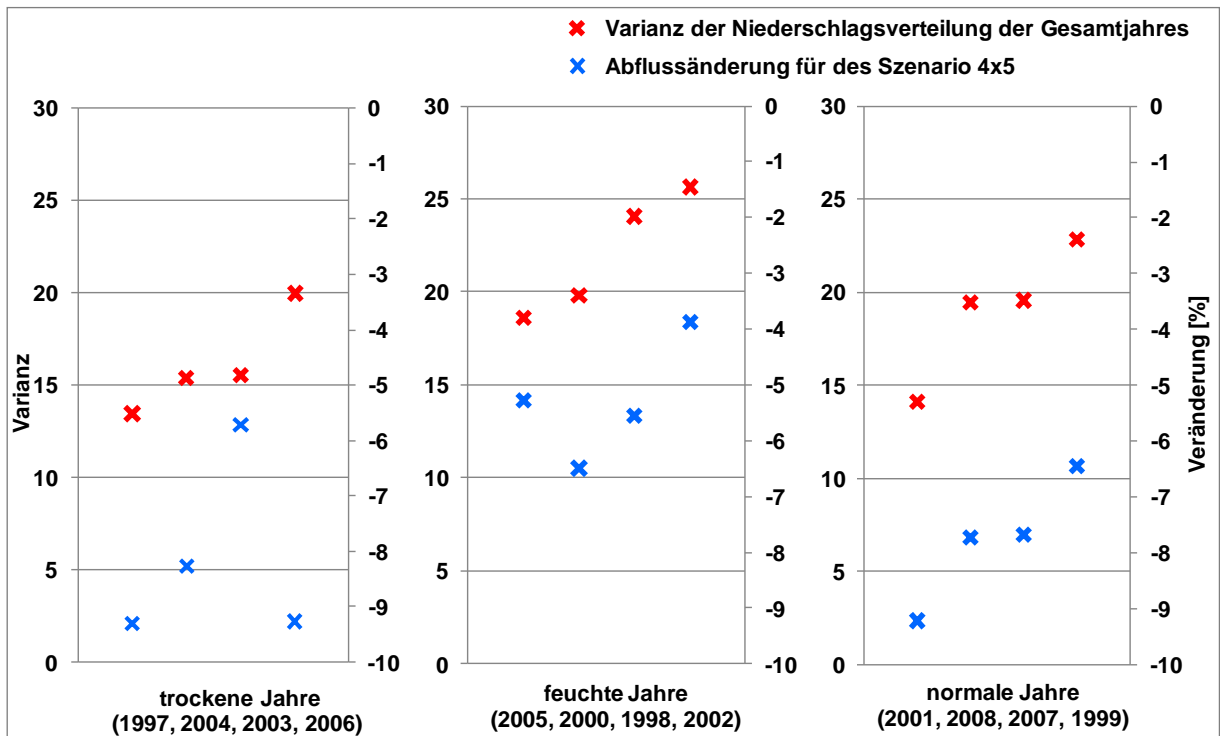


Abbildung 60: Zusammenhang zwischen der berechneten Varianz der Niederschlagsverteilung und der Abflussveränderung für das Szenario 4x5 für trockene, feuchte und durchschnittliche (normale) Jahre

Ein Einfluss der jahreszeitlichen Verteilung des Niederschlages auf das Abflussminderungspotenzial konnte nicht gezeigt werden. Sowohl Jahre mit deutlichem Sommermaxima (2000, 2003) als auch die Jahre mit Wintermaxima (1998, 2002) im Mittel zeigen eine geringere Abflussminderung als in etwa ausgeglichene Jahre.

### Einfluss der Heckenbreite auf die Abflussveränderung

Im Vergleich der Abflussspende der Szenarien zur Heckenbreite zum Istzustand (ohne Hecken) zeigen alle Szenarien mit variabler Heckenbreite eine Reduktion vor allem der Abflussspitzen in den Sommermonaten. Dabei bringt das Szenario mit der größten Heckenfläche im Szenariengebiet 4x15 (4,45 ha) immer auch die größte Reduktion.

Betrachtet man die Abflussspitzen etwas genauer, zum Beispiel für das Niederschlagsereignis Ende August (Abbildung 61), so zeigt sich je nach Szenario eine deutliche Reduktion der Abflussspitze am 21.08.2000 (blauer Pfeil) von 40,3 % (4x5), 49,6 % (4x10) und 64,6 % (4x15) und eine Gesamtreduktion der Abflussmenge über das Gesamt ereignis (12 Tage) von insgesamt 34,3 % (4x5), 41,9 % (4x10) und 51,9 % (4x15).

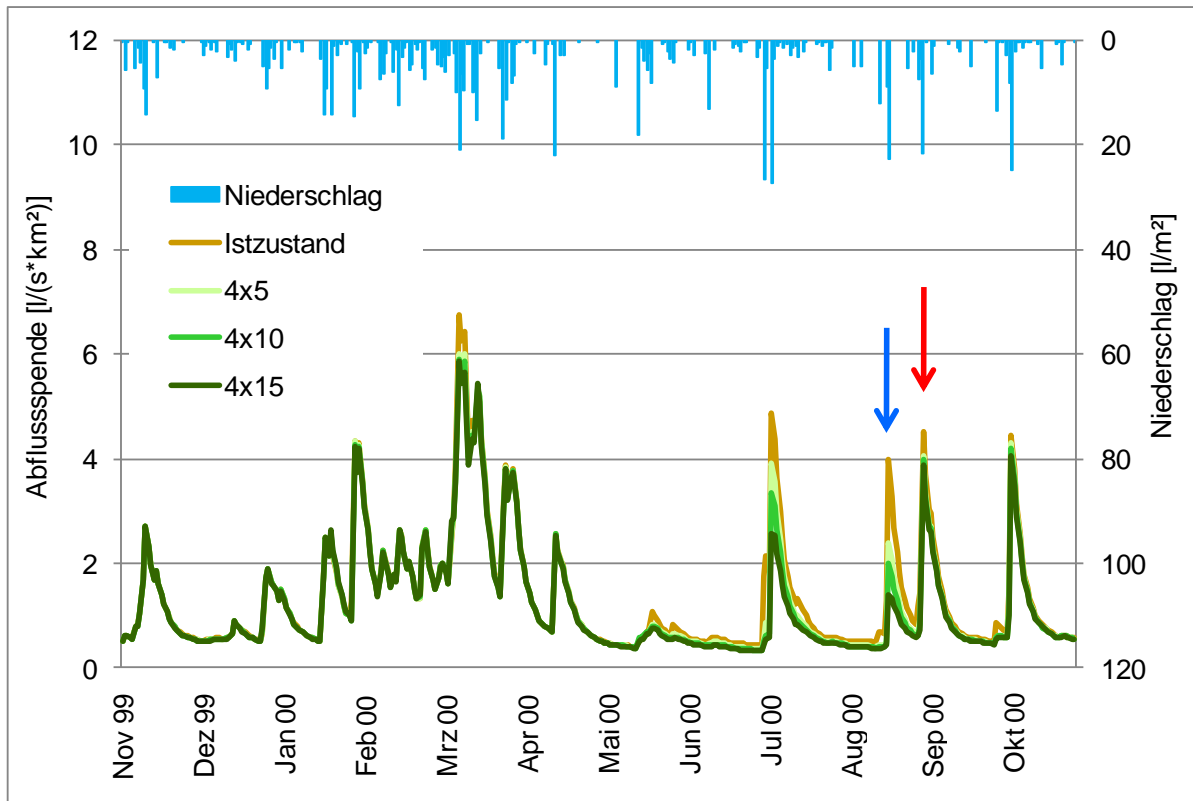


Abbildung 61: Vergleich der Abflussspende der Szenarien zur Heckenbreite (4x5, 4x10, 4x15) und des Istzustandes (ohne Hecken) für das Jahr 2000

Diese Kappung der Abflussspitze ist typisch für alle Heckenszenarien der Heckenbreite über alle Jahre. Allerdings ist auffällig, dass die folgende Abflussspitze Anfang September (roter Pfeil) nur sehr gering beeinflusst wird. Um diesen Effekt genauer zu untersuchen, wurden in Kapitel 7.5.3 Einzelstarkregenereignisse für alle Szenarien mit verschiedenen Vorfeuchtebedingungen berechnet.

Bei der Betrachtung der Abflusskomponenten für das Normaljahr 2000 (Direktabfluss, Zwischenabfluss und Basisabfluss) (Tabelle 36, Abbildung 62 bis Abbildung 64) zeigt sich, dass die Abflussreduktion vor allem durch die Reduktion des Direktabflusses (12,8 % bis 20,9 %) zustande kommt. Dort zeigt sich auch deutlich die charakteristische Abflussreduktion bei dem Ereignis Ende August.

Der Basis- (2,5 % bis 4,5 %) und Zwischenabfluss (3,9 % bis 6,3 %) weist nur geringe Reduktionen auf. Die größten Reduktionen treten dabei immer bei dem Szenario mit der größten Heckenfläche (4x15) auf.

Tabelle 36: Übersicht über die Veränderung des Basis-, Direkt- und Zwischenabflusses sowie der Evapotranspiration für alle Szenarien gegenüber dem Istzustand (ohne Hecken) für 2000

Szenarien	Veränderung Basisabfluss	Veränderung Direktabfluss	Veränderung Zwischenabfluss	Veränderung Evapotranspiration
4x5	-2.5%	-13.1%	-4.0%	+17.7%
4x10	-3.5%	-16.7%	-5.1%	+35.3%
4x15	-4.5%	-20.9%	-6.3%	+55.3%
uH	-2.5%	-13.0%	-4.0%	+17.6%
mH	-2.5%	-13.1%	-4.0%	+17.5%
oH	-2.5%	-13.1%	-4.0%	+17.9%
Saum	-2.5%	-12.8%	-3.9%	+15.0%

Die Erhöhung der Evapotranspiration liegt zwischen minimal 15,0 % (Saum) und maximal 55,3 % (4x15). Die mittlere Erhöhung der Evapotranspiration eines Jahres für den Zeitraum 1997-2008 für das Szenario 4x5 beträgt 12,0 %, der Maximalwert liegt bei 17,5 % (2000, Trockenjahr) und der Minimalwert bei 4,2 % (2007, feuchtes Jahr).

Die Beobachtungen zur Reduktion der Abflusskomponenten und der Erhöhung der Evapotranspiration trifft für alle Szenarien in allen modellierten Jahren zu.

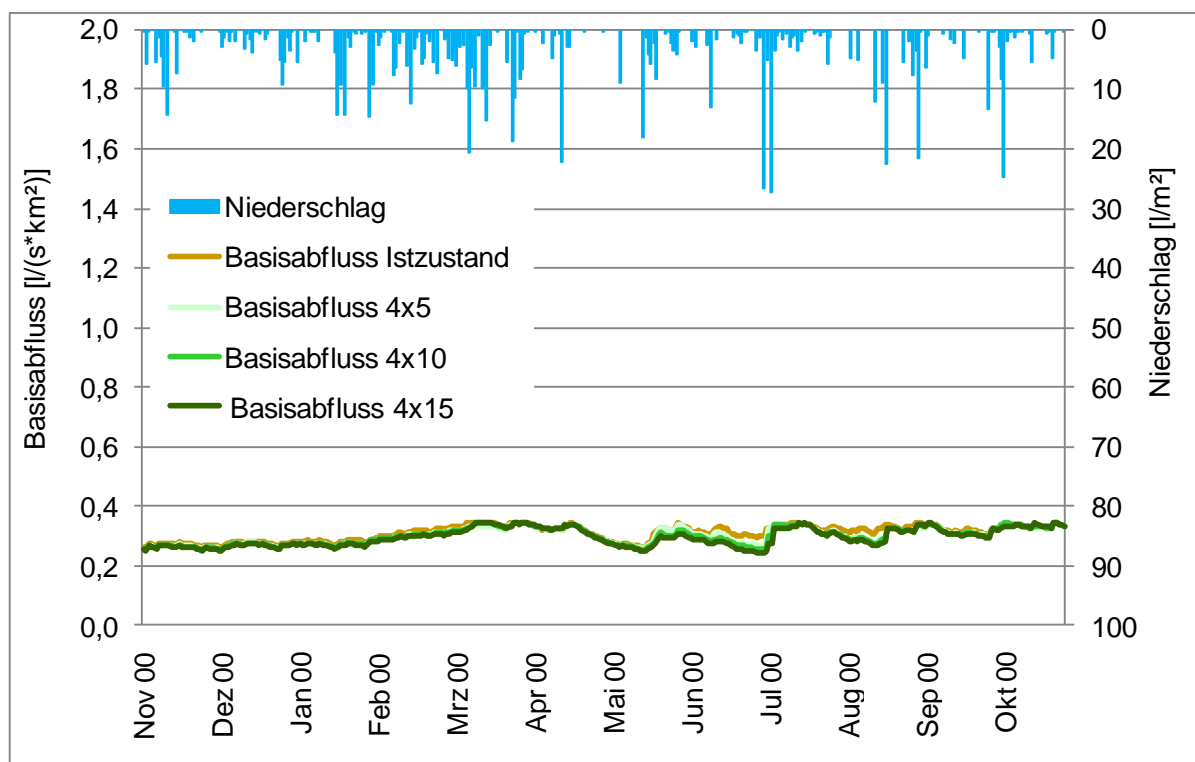


Abbildung 62: Vergleich des Basisabflusses für die Szenarien zur Heckenbreite (4x5, 4x10, 4x15) und des Istzustandes (ohne Hecken) für das Jahr 2000

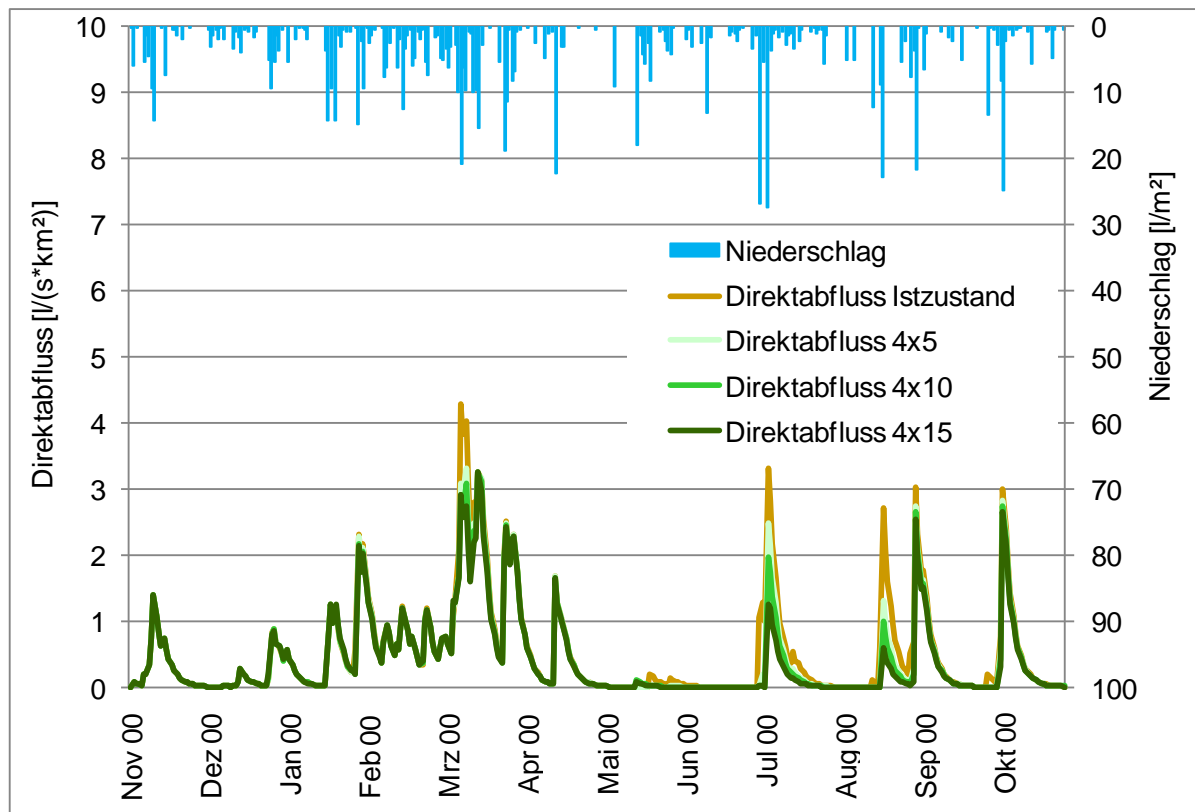


Abbildung 63: Vergleich des Direktabflusses für die Szenarien zur Heckenbreite (4x5, 4x10, 4x15) und des Istzustandes (ohne Hecken) für das Jahr 2000

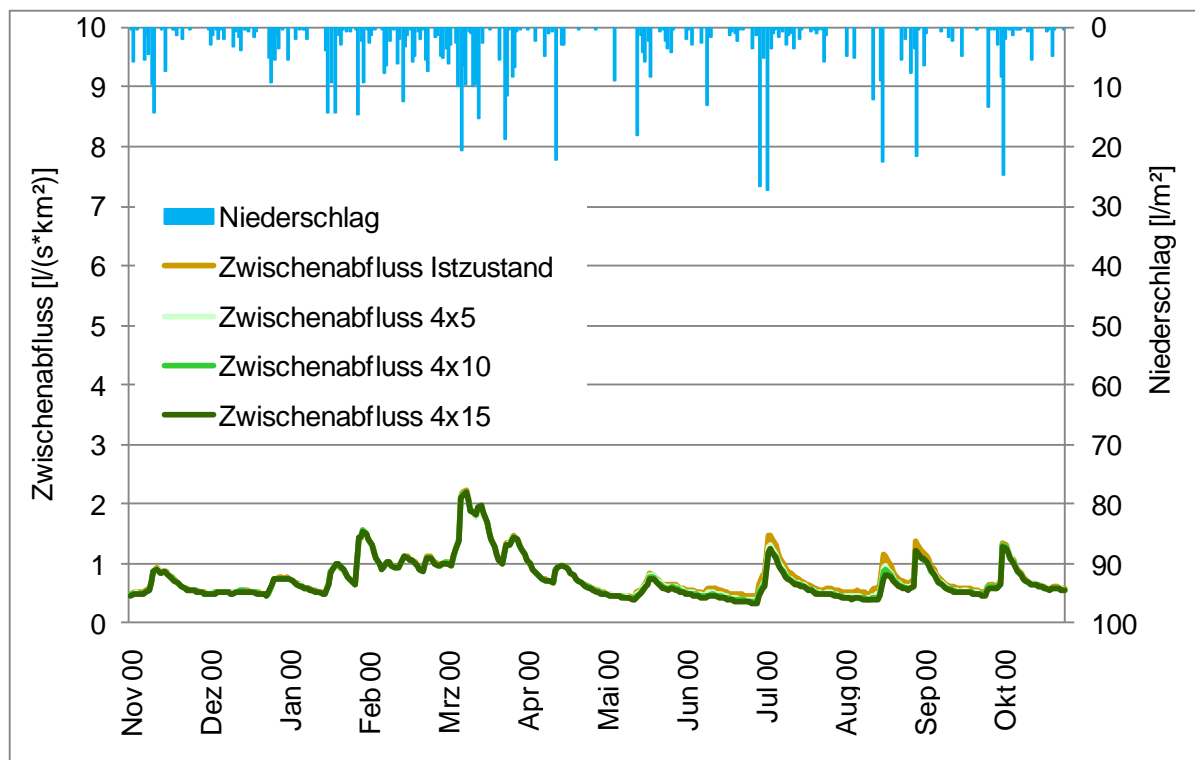


Abbildung 64: Vergleich des Zwischenabflusses für die Szenarien zur Heckenbreite (4x5, 4x10, 4x15) und des Istzustandes (ohne Hecken) für das Jahr 2000

### Einfluss der Heckenlage auf die Abflussveränderung

Alle Szenarien zur Heckenlage (uH, mH, oH) zeigen eine deutliche Reduktion der Abflussmenge zum Istzustand (ohne Hecken) aber fast keine Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien (maximal 0,1 %) (Abbildung 65).

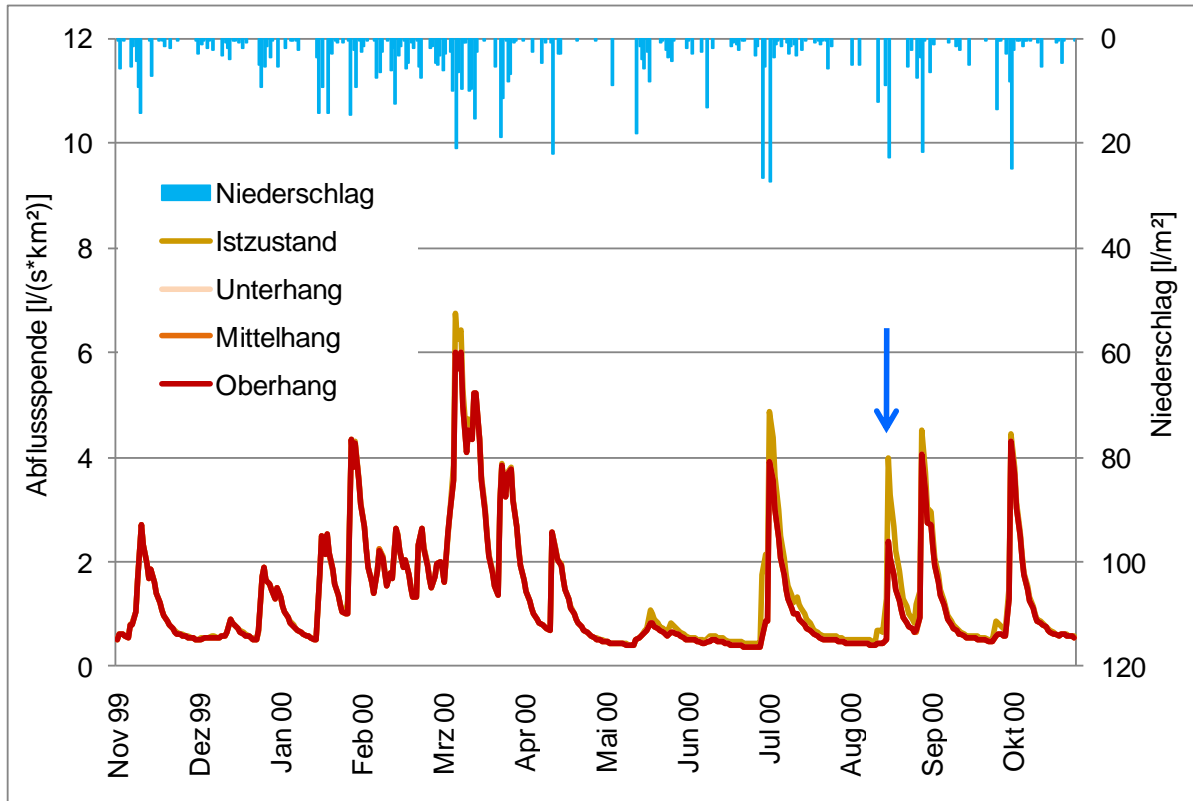


Abbildung 65: Vergleich der Abflussspende der Szenarien zur Heckenlage (Unter-, Mittel-, Oberhang) und des Istzustandes (ohne Hecken) für das Jahr 2000

Die Auswertung der Abflussspitzen für das Ereignis im August 2000 (blauer Pfeil in Abbildung 65) zeigt für alle Szenarien zur Heckenlage (Unter-, Mittel-, Oberhang) eine Reduktion der Abflussspitzen um 40,3 % gegenüber dem Szenario des Istzustandes (ohne Hecke). Diese Reduktion entspricht auch in etwa der, die mit dem Szenario 4x5, also mit dem Szenario mit einem nahezu identischen Anteil an veränderter Flächennutzung, erreicht wird. Die Gesamtreduktion der Abflussmenge über das gesamte Ereignis liegt bei allen Szenarien bei 34,2 %. Es ist also kein Unterschied bezüglich der Lage der Hecke am Hang bei der Betrachtung dieses Einzelereignisses zu beobachten. Auch dieses Ergebnis wurde im Kapitel 7.5.3 an definierten Einzelstarkregenereignissen genauer untersucht.

Bei der Betrachtung der Abflusskomponenten (Tabelle 36) und der Evapotranspiration für die Szenarien zur Lage konnten kaum Unterschiede zwischen den einzelnen Szenarien festgestellt werden. Wie bei den Szenarien zur Heckenbreite konnte wieder die größte Reduktion beim Direktabfluss beobachtet werden.



**Einfluss eines Heckensaumes auf die Abflussveränderung**

Um die Wirkung eines Saumes von Hecken auf die Abflüsse im Szenariengebiet zu untersuchen, werden die Ergebnisse der Modellierung des Szenarios Saum (eine 10 m breite Gehölzhecke mit jeweils 5 m Grassaum) mit den Ergebnissen des Szenarios Mittelhang (eine 20 m breite Hecke ohne Saum) und dem Istzustand (ohne Hecken) verglichen.

Dabei zeigt sich, dass sowohl das Szenario ohne Saum als auch das Szenario Saum deutliche Reduktionen der Abflussmenge gegenüber dem Istzustand bringt (Abbildung 66). Insgesamt kommt es beim Szenario Saum zu Reduktionen zwischen maximal 8,8 % (2001) und minimal 4,6 % (2003) und für das Szenario ohne Saum zu 9,2 % (2001) und 5,6 % (2003). Dabei unterscheiden sich die zwei Szenarien maximal um 1,0 % (2003) (vgl. Tabelle 35).

Die Abflussspitzen für das Ereignis im August 2000 (blauer Pfeil in Abbildung 66) werden bei dem Szenario Saum um 38,7 % beziehungsweise bei dem Szenario ohne Saum (mH) um 40,3 % gemindert. Die Gesamtreduktion der Abflussmenge über das gesamte Ereignis liegt bei dem Szenario Saum bei 33,1 % und bei dem Szenario ohne Saum bei 34,3 %. Es besteht also bei einem Einzelereignis nur ein geringer Unterschied zwischen einer 10 m breiten Hecke mit jeweils 5 m Grassaum (Saum) und einer 20 m breiten Hecke ohne Saum.

Die Abflusskomponenten und die Evapotranspiration weisen grundsätzlich das gleiche Verhalten wie bei den Szenarien zur Breite und Lage auf. Die Erhöhung der Evapotranspiration unterscheidet sich zwischen dem Saumszenario und der 20 m breiten Hecke (Mittelhang) nur geringfügig um knapp 3 %.

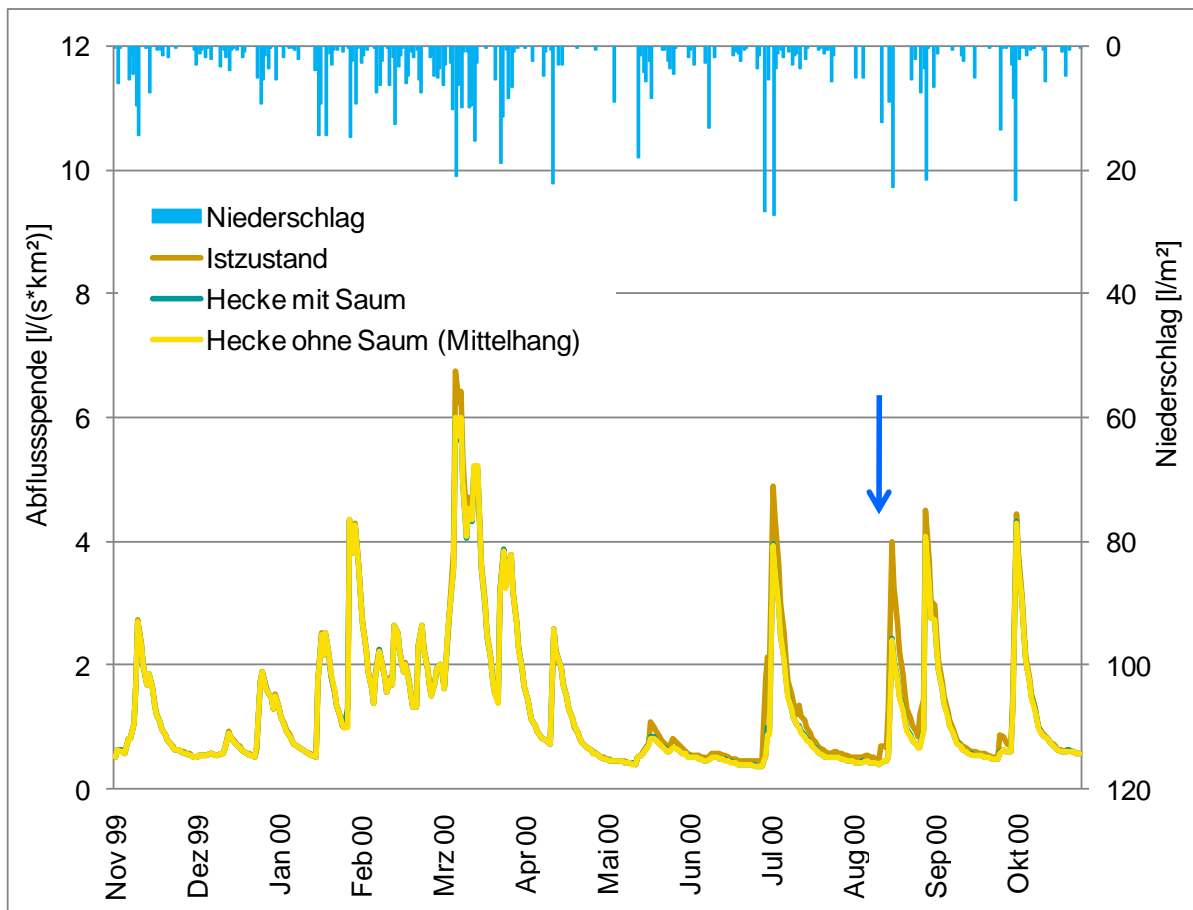


Abbildung 66: Vergleich der Abflusssspende der Szenarien zum Saum (mit Saum, ohne Saum (Mittelhang)) und des Istzustandes (ohne Hecke) für das Jahr 2000

### 7.5.3 Ergebnisse der Szenarienberechnung – ereignisbezogen

Für die genauere Untersuchung von Abflussspitzen und deren Reduktion wurde zusätzlich eine ereignisbezogene Modellierung der Szenarien durchgeführt. Dazu wurden der KOSTRA (KOordinierte STarkniederschlags – Regionalisierungs – Auswertungen) Atlas (BARTELS et al. 2005) verwendet. Die KOSTRA-DWD Software enthält die Starkniederschlagshöhen für Deutschland in Abhängigkeit von Dauerstufe und Wiederkehrintervall im Bereich der Dauerstufen D zwischen 5 Minuten und 72 Stunden, sowie im Bereich der Wiederkehrintervalle zwischen  $T = 0.5$  a (entspricht der jährlichen Überschreitungshäufigkeit von im Mittel  $n = 2$  mal pro Jahr) und  $T = 100$  a (im Mittel alle 100 Jahre nur einmal erreicht oder überschritten entsprechend  $n = 0.01$ ). Für die ereignisbezogene Szenarienberechnung wurde nach DWA (2006) die Regendauerstufe genutzt, die der längsten Fließzeit im betrachteten Einzugsgebiet entspricht.

Die Fließzeitsummen werden bei der topografischen Analyse mit dem Programm TANALYS berechnet (vgl. Kapitel 7.3.1 „Geographische Daten“) und betragen für das Modellgebiet maximal 2,8 Stunden. Zur Plausibilisierung dieses Wertes wurde zusätzlich die

Abflusskonzentrationszeit mit dem Ansatz nach KIRPICH (1940) berechnet (Gleichung [4] nach WITTENBERG 2011).

$$T_c = a * \left(\frac{L}{\sqrt{l}}\right)^b \quad [4]$$

mit	$T_c$	Fließzeit in h
	$a, b$	Koeffizienten nach Kirpich (1940)
	$L$	Fließweg in km
	$l$	Gefälle in m/m

Die Koeffizienten  $a$  und  $b$  wurden durch KIRPICH (1940) in einem waldlosen, kleinen und steilen Einzugsgebiet in Tennessee (USA) ermittelt, daher ist dieser Ansatz nur für kleine Einzugsgebiete ( $< 0,8 \text{ km}^2$ ) anwendbar. Nach WITTENBERG (2011) hat sich der Faktor  $b$  als relativ stabil erwiesen. Es hat sich aber auch gezeigt, dass der Faktor  $a$  zwingend an die Verhältnisse des Einzugsgebietes angepasst werden muss. Dabei stellt WITTENBERG (2011) fest, dass der Faktor  $a$  in durchschnittlichen mitteleuropäischen Einzugsgebieten leicht Werte  $> 0.2$  annehmen kann. Berechnet man die Fließzeiten nach der Gleichung [4] mit zwischen 0,1 und 0,3 variierendem Faktor  $a$ , so zeigen die Ergebnisse eine Schwankungsbreite der Konzentrationszeiten zwischen 1 und 2,8 Stunden. Damit werden die mit TANALYS berechneten Fließzeiten von maximal 2,8 Stunden als prinzipiell bestätigt angesehen.

Auf der Basis dieser Fließzeiten wurde ein 3-stündiger Modellregen der Starkniederschlagsregionalisierung für Dippoldiswalde für die ereignisbezogene Simulation ausgewählt. Als Verteilungstyp des Modellregens wurde Euler Typ II gewählt, da er gegenüber von beispielsweise Blockregen den Vorteil hat, dass er einer Langzeitsimulation von Starkregenereignissen sehr nahe kommt. Da der Modellregen nur zur Abschätzung des Einflusses von Heckenstrukturen auf das Abflussverhalten und nicht für die Bemessung von Anlagen genutzt wird, kann er trotz seiner unrealistisch hohen Intensitätsspitze, die teilweise kritisiert wird (z.B. LFW 2001), verwendet werden. Beim Modellregen des Euler Typ II wird der Zeitpunkt für den Beginn des Regenintervalls mit der höchsten Niederschlagsintensität beim 0,3-fachen der Modellregendauer festgelegt (ALTHAUS 1984, LFW 2001).

Alle anderen Eingangsdaten (Sonnenscheindauer, Temperatur, Wind, Feuchte) wurden als Stundenwerte aufbereitet, dazu wurden die Werte der Station Wildacker genutzt, da diese in Stundenauflösung vorlagen. Die Ereignisse wurden für einen Zeitpunkt modelliert, für den sich in der verlaufsbezogenen Modellierung gezeigt hat, dass die Heckenstruktur den meisten Einfluss auf das Abflussgeschehen hat. Dafür wurde die Periode vom 06.08.2006 0 Uhr bis zum 11.08.2006 0 Uhr gewählt. Das Ereignis beginnt am 06.08.2006 um 10:00 Uhr. Da es zu

diesem Zeitpunkt im August 2006 geregnet hat, spiegeln auch die Eingangsdaten zur Sonnenscheindauer, zur Temperatur, zum Wind und zur Feuchte die Witterungsverhältnisse bei dem modellierten Starkregenereignis wider.

Um die Effekte von Heckenstrukturen unter trockenen und feuchten Bedingungen zu untersuchen, wurde das maßgebende Regenereignis für die zwei Wiederkehrintervalle (5 Jahre, 50 Jahre) sowohl für trockene als auch für feuchte Vorbedingungen berechnet. Dabei wurden jeweils Extremwerte verwendet. Bei den trockenen Vorfeuchtebedingungen gibt es nahezu keinen pflanzenverfügbaren Bodenwasservorrat (nFK annähernd 0) und bei den feuchten Vorfeuchtebedingungen handelt es sich um gesättigte Verhältnisse, das heißt das gesamte Bodenporenvolumen ist mit Wasser gefüllt.

### Wiederkehrintervall 5 Jahre

Die Ergebnisse der verlaufsbezogenen Modellierung (Kapitel 7.5.2) zeigten Reduktionen von direkt aufeinander folgenden Abflusspeaks (vgl. Abbildung 61 und Abbildung 65) in unterschiedlichem Ausmaß. Da der erste Peak nach einer Trockenperiode durch die verschiedenen Szenarien deutlich gemindert, der zweite kurz darauf folgende Peak dagegen kaum beeinflusst wird, ist zu vermuten, dass dafür die unterschiedlichen Vorfeuchten des Bodens ursächlich sind. Es wird vermutet, dass der Einfluss der Heckenstruktur auf den Abfluss unter trockenen Bedingungen deutlich größer ist als unter feuchten. Diese These konnte bei der Modellierung eines Niederschlagsereignisses mit einem 5 jährigen Wiederkehrintervall und einer Dauer von 3 Stunden bestätigt werden.

Tabelle 37: Veränderung des Abflusses über den Gesamtzeitraum für ein Starkniederschlagsereignis mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden der einzelnen Heckenszenarien unter trockenen und feuchten Vorfeuchtebedingungen bezogen auf den Istzustand (ohne Hecken)

	4x5	4x10	4x15	uH	mH	oH	Saum
Gesamtveränderung bei trockenen Vorfeuchtebedingungen in %	-9,5	-20.1	-34.7	-9.5	-9.5	-9.5	-6.3
Veränderung der Abflussspitzen bei trockenen Vorfeuchtebedingungen in %	-9.8	-19.4	-29.1	-9.8	-9.8	-9.8	-6.5
Veränderung bei feuchten Vorfeuchtebedingungen in %	n.b.	n.b.	3,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Veränderung der Abflussspitzen bei feuchten Vorfeuchtebedingungen in %	n.b.	n.b.	4,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
n.b. = nicht berechnet							

Bei einer niedrigen Vorfeuchte zeigt sich eine deutlich Reduktion der Abflussspitze von 6,5 % bis maximal 29,1 % und eine Gesamtreduktion über den Gesamtzeitraum des Ereignisses (6 Tage) von 6,3 % bis 34,7 % (Tabelle 37, Abbildung 67 bis Abbildung 70). Die

Abflussreduktion bewegt sich ungefähr in derselben Größenordnung wie die Reduktion der Abflussspitze Ende August 2006 im Ergebnis der verlaufsbezogenen Modellierung.

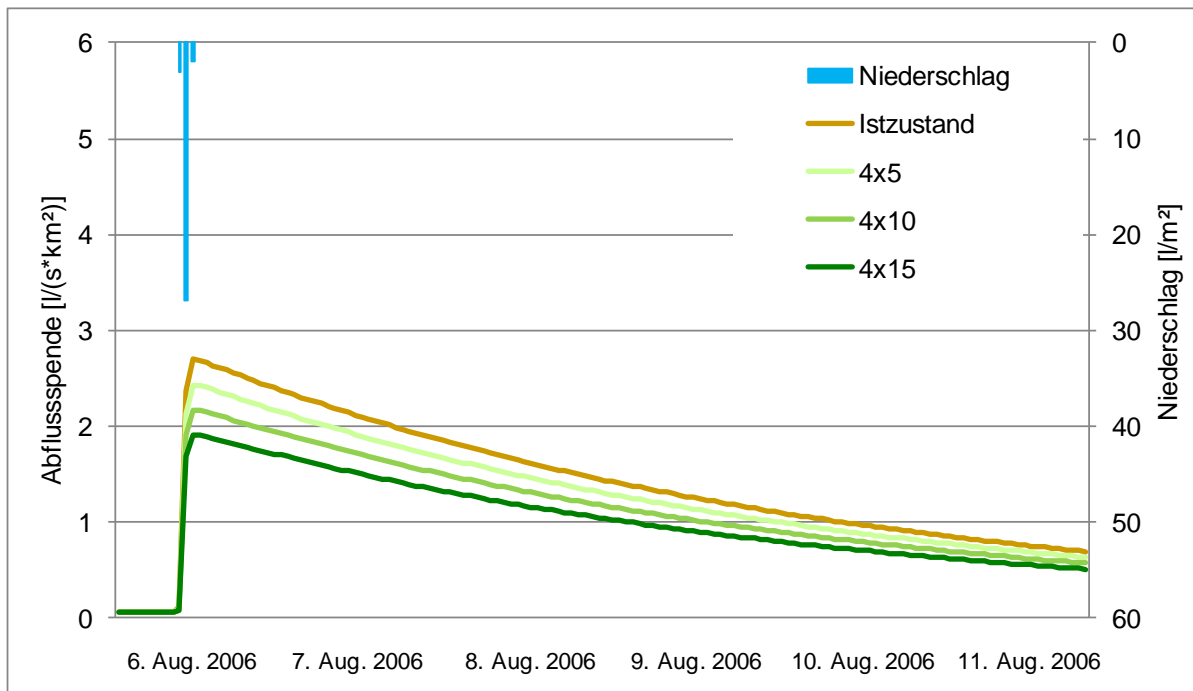


Abbildung 67: Durchfluss am Gebietsauslass bei niedriger Vorfeuchte während eines Starkniederschlagsereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden für die Szenarien zur Heckenbreite (4x5, 4x10, 4x15) und den Istzustand (ohne Hecken)

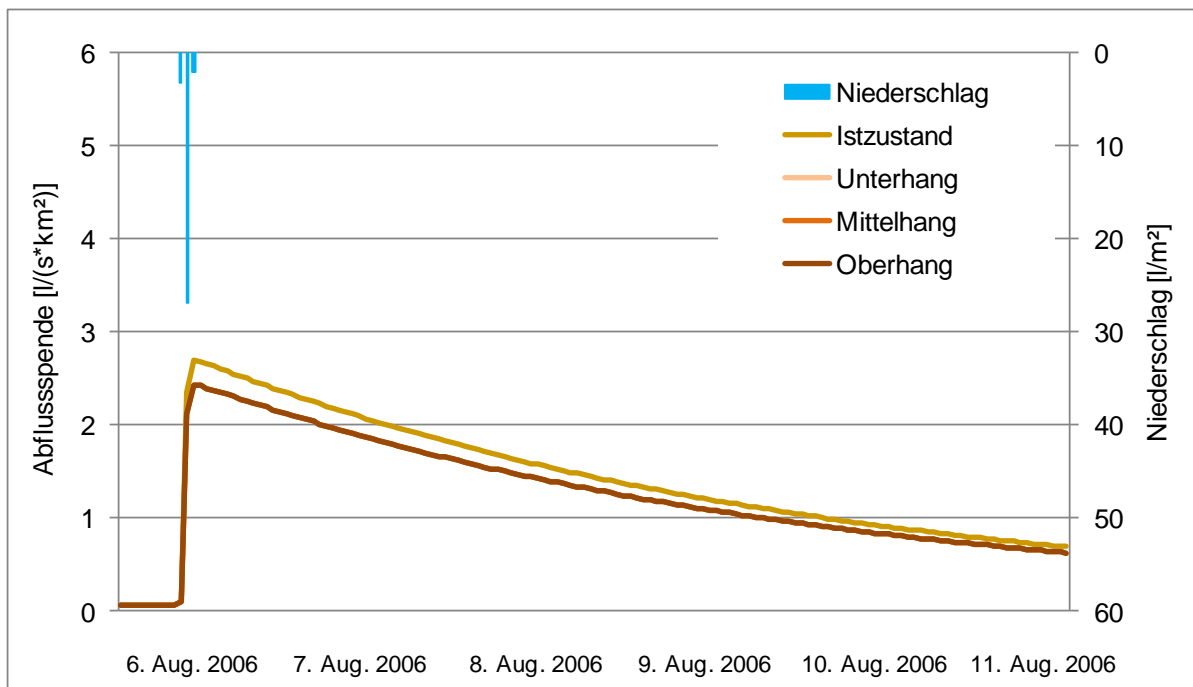


Abbildung 68: Durchfluss am Gebietsauslass bei niedriger Vorfeuchte während eines Starkniederschlagsereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden für die Szenarien zur Heckenlage (Ober-, Mittel-, Unterhang) und den Istzustand (ohne Hecken)

Die im Kapitel 7.5.2 dargestellten unterschiedlichen Wirkungen der einzelnen Szenarien wurden in gleicher Tendenz bestätigt. Auch bei der Berechnung des 3-Stunden-Ereignisses

konnte die Abhängigkeit der Abflussveränderung von der Heckenbreite gezeigt werden, wogegen ein Einfluss der Lage einer Hecke am Hang nicht nachgewiesen werden konnte.

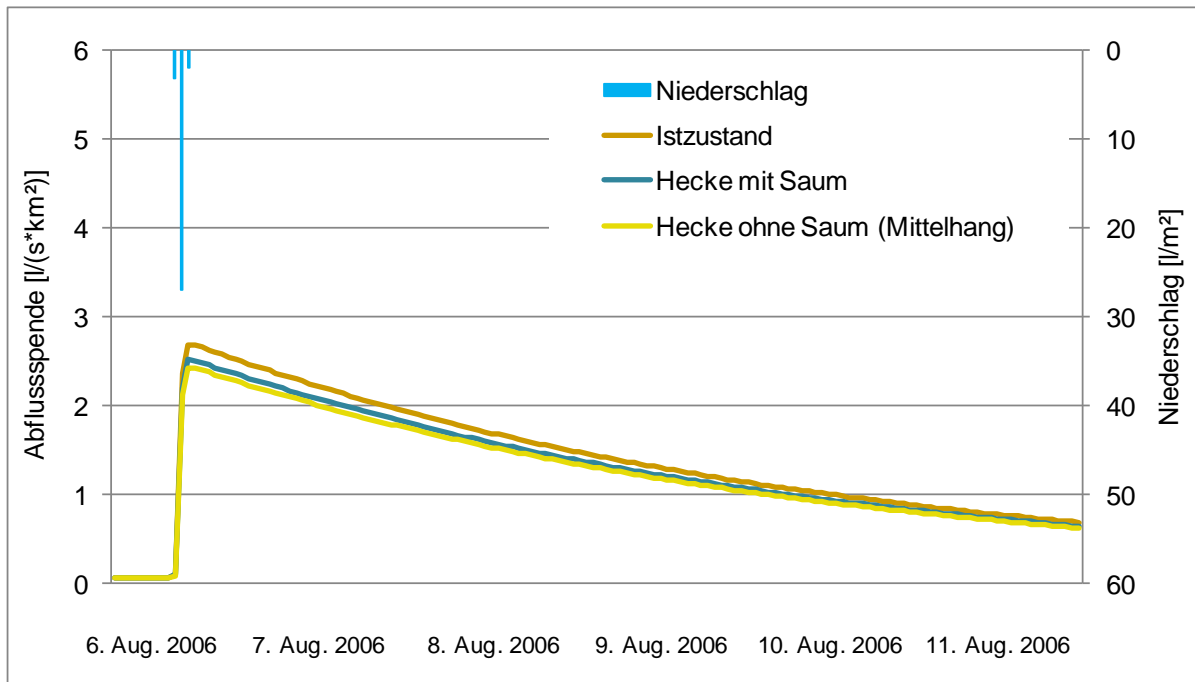


Abbildung 69: Durchfluss am Gebietsauslass bei niedriger Vorfeuchte während eines Starkniederschlagsereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden für die Szenarien zum Heckensaum (mit Saum, ohne Saum (Mittelhang)) und den Istzustand (ohne Hecken)

Um den Einfluss von Heckenstrukturen unter gesättigten Vorfeuchtebedingungen zu testen, wurde nur das Szenario gerechnet, welches unter den Bedingungen einer geringen Vorfeuchte die höchsten Abflussminderungen zeigte. Dabei zeigte sich nur ein sehr geringer Einfluss auf das Abflussgeschehen (Abbildung 70), die Summe der Abflussreduktion über das Gesamt ereignis beträgt 3,0 % und die Reduktion der Abflussspitze liegt bei 4,0 % (Tabelle 37).

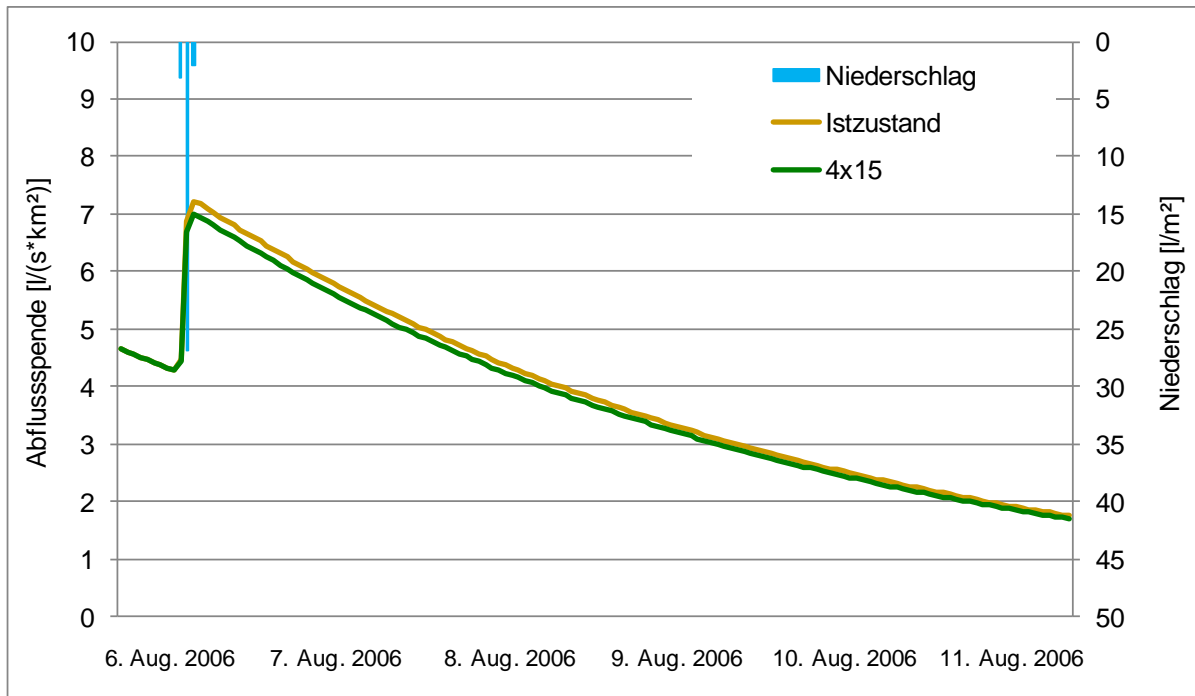


Abbildung 70: Durchfluss am Gebietsauslass bei gesättigter Vorfeuchte während eines Starkniederschlagsereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden für das Szenario 4x15 und den Istzustand (ohne Hecken)

### Wiederkehrintervall 50 Jahre

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen zum Einfluss von Nutzungsänderungen auf den Wasserhaushalt (vgl. Abbildung 47) war zu erwarten, dass bei Niederschlagsereignissen größerer Jährlichkeit der Einfluss von Heckenstrukturen auf das Abflussverhalten eher gering ausfällt. Daher wurde nur das Szenario (4x15) bei niedrigen Vorfeuchtebedingungen getestet, welches bei Niederschlägen mit 5-jährlichen Wiederkehrintervall und auch in der verlaufsbezogenen Modellierung die stärksten Änderungen ergab. Die Abbildung 71 zeigt, dass bei einem 3-stündigen Starkregenereignis mit 50-jährigem Wiederkehrintervall nahezu kein Einfluss der Heckenstrukturen auf die Abflussspende festzustellen ist. Sowohl die Reduktion der Abflussspitze als auch die Reduktion über den Gesamtzeitraum des Ereignisses beträgt 1,5 %.

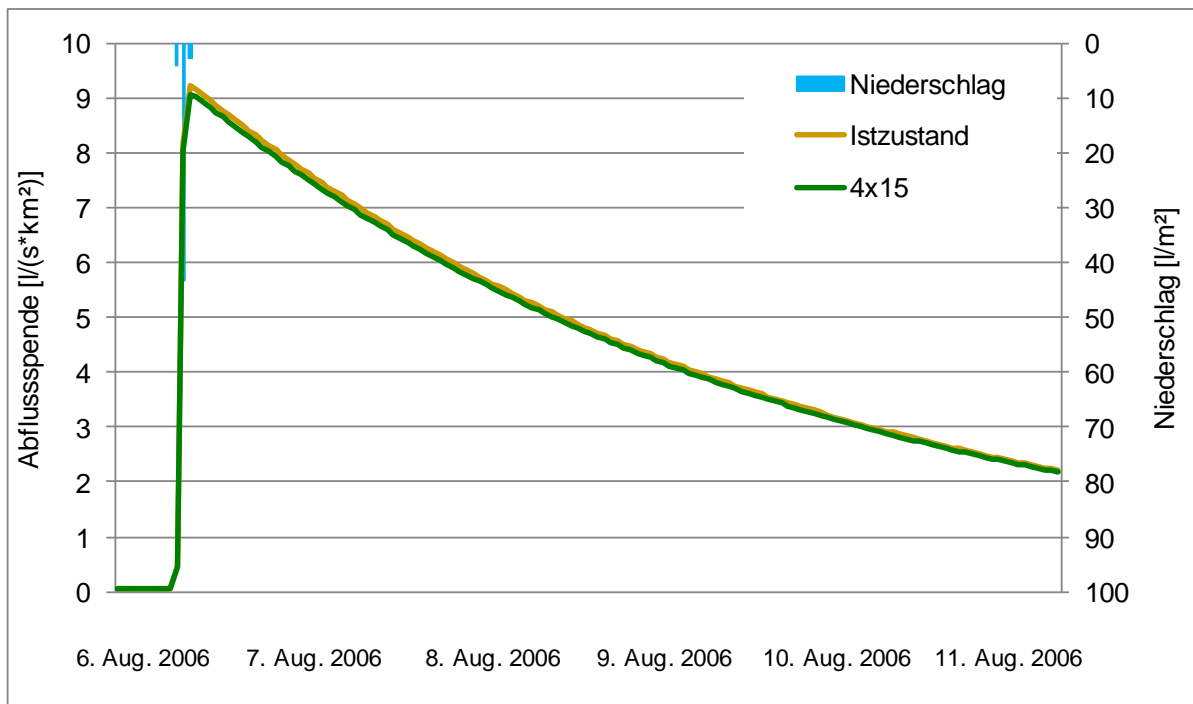


Abbildung 71: Durchfluss am Gebietsauslass bei niedriger Vorfeuchte während eines Starkniederschlagsereignisses mit einem Wiederkehrintervall von 50 Jahren und einer Dauer von 3 Stunden für das Szenario 4x15 und den Istzustand (ohne Hecken)

## 7.6 Diskussion der Modellierungsergebnisse

Die in Kapitel 7.5 dargestellten Ergebnisse zeigen eine, bei verschiedenen Bedingungen zwar unterschiedlich stark ausgeprägte, deutliche Veränderung des Abflussgeschehens, welche durch verschiedene Heckenstrukturen erreicht werden kann. Die Veränderungen sind dabei stets durch eine Verringerung des Gesamtabflusses im Sommer und im Herbst gekennzeichnet. Die Beschränkung der Veränderungen im Abflussverhalten nahezu ausschließlich auf Sommer und Herbst, werden so auch durch VIAUD et al. (2005) bei Untersuchungen zum Einfluss von Hecken auf Evapotranspiration und Bodenwasserhaushalt in der Bretagne (Frankreich) beschrieben. Ursachen für die Abflussverringerung liegen in den durch die Hecken veränderten Prozessen der Interzeption, Evapotranspiration und Infiltration. Wie Untersuchungen von RYSZKOWSKI & KEDZIORA (2007) zu Windschutzhecken in Polen zeigen, nutzen Hecken teilweise für die Evapotranspiration bis zu 40% mehr Wasser als Äcker. Aufgrund eines zum Teil mehrschichtigen Aufbaus weisen Heckenstandorte ein hohes Interzeptionsvermögen auf und besitzen ein ungestörtes Makroporensystem, durch das deutlich bessere Infiltrationsbedingungen unter Hecken als auf Ackerflächen herrschen. Im Einzugsgebiet der Mulde konnten diese besseren Infiltrationsbedingungen an einer unechten Zeitreihe zur Entwicklung von Gehölzbeständen an mehreren Standorten nachgewiesen werden. Bei einer unechten Zeitreihe wird die zeitlich gestaffelte Untersuchung eines Bestandes durch ein räumliches Nebeneinander einmaliger Untersuchungen verschiedener



Bestände ersetzt. Im Vergleich zum Ackerstandort wurden dabei bei jungen und mittelalten Gehölzbeständen durchweg höhere Anteile an Grob- und Mittelporen gefunden sowie Infiltrabilitäten gemessen, die um den Faktor 2 bis 3 höher lagen (WAHREN et al. 2009a, WAHREN et al. 2009b). Auch die Ergebnisse der eigenen Wurzelschürfe (Abbildung 50) belegen, dass artenreiche Biotope durch ein weit verzweigtes und tiefes Wurzelsystem gekennzeichnet sind und dementsprechend mehr Makroporen aufweisen. Sie tragen so zu einem erhöhten Wasserspeichervermögen sowie einer besseren Infiltration und Durchsickerung bei (DOUSSAN et al. 2003, GREGORY 2006, LANGE et al. 2008).

In wieweit die dargestellten Veränderungen im Wasserhaushalt negative Auswirkungen auf die angrenzenden Ackerkulturen, insbesondere durch eventuell verstärkt auftretenden Wassermangel, haben könnten, kann mit dem in der vorliegenden Arbeit genutzten Untersuchungs- und Modellansatz nicht beurteilt werden. Die diesbezüglichen Effekte sind komplex und sehr standortspezifisch. Dem höheren Wasserverbrauch der Hecken durch Evapotranspiration und Interzeption stehen wasserrückhaltende Effekte gegenüber. So zeigen Studien von RYSZKOWSKI (RYSZKOWSKI & KEDZIORA 1993 und 2007) in Polen, von MEROT (1976 zitiert in RYSZKOWSKI & KEDZIORA 2007) und BRANDLE (2004 zitiert in RYSZKOWSKI & KEDZIORA 2007) für die USA, dass Hecken die Windgeschwindigkeit auf Ackerschlägen herabsetzen, den Sättigungswasserdampfdruck verringern und dadurch Bodenfeuchte auf dem angrenzenden Ackerschlag sichern. Gleichzeitig verdunstet die Hecke durch ihre größere Oberflächenrauigkeit und die dadurch auftretenden Windturbulenzen deutlich mehr Wasser als angrenzende Ackerflächen mit gleichmäßiger Oberflächenausprägung (RYSZKOWSKI & KEDZIORA 1987). Weiterhin wird in der Literatur auf das bessere Speichervermögen von Wasser im zeitigen Frühjahr durch eine Agrarlandschaft mit Hecken gegenüber einer ausgeräumten Agrarlandschaft hingewiesen (RYSZKOWSKI & KEDZIORA 1993 und 2007), allerdings auch auf eine verzögerte Wiedervernässung nach Trockenphasen (CAUBEL et al. 2003). VIAUD et al. (2005) beschreiben zusätzlich die Aufnahme von tieferem Bodenwasser, das für die Ackerkulturen nicht erreichbar wäre. Um die Wechselwirkungen der genannten Prozesse mit ihrem Effekt auf die angrenzenden Ackerkulturen besser beschreiben zu können, müsste ein physikalisch basiertes Standortmodell genutzt werden (z.B. CATFLOW, MAURER 1997), das möglichst mit detaillierten Feldmessungen parametrisiert wird.

Die in dem Kapitel 7.5.2 dargestellten Veränderungen sind insbesondere durch eine Minderungen des Direkt- und Zwischenabflusses gekennzeichnet, die im Vergleich zu anderen Untersuchungen, insbesondere zur Problematik der Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserschutzes (z.B. BRONSTERT et al. 2001, NACHTNEBEL 2008, RIEGER &

DISSE 2009) aber auch zu den Untersuchungen zum Wasserhaushalt von Hecken durch VIAUD et al. (2005) relativ hoch ausfallen. Allerdings deuten ältere Arbeiten wie die von MEROT (1978, zitiert in CAUBEL et al. 2003) darauf hin, dass durch die Anlage von Hecken durchaus Minderungen der Abflussspitzen und des schnellen Direktabflusses um bis 50 % möglich sind. Folgende Erklärungen sind für die in der vorliegenden Arbeit berechneten relativ hohen Abflussminderungen wahrscheinlich.

In bisherigen Untersuchungen wurde festgestellt (insbesondere durch BRONSTERT et al. 2001 und SIEKER et al. 2007), dass deutliche Effekte von Landnutzungsänderungen auf den Wasserhaushalt nur bei ursprünglich durch Acker genutzten eher tiefgründigen Standorten in weniger geneigtem Gelände erreicht werden können. Für das Osterzgebirge wurden diese Aussagen durch GERBER (2009) bei Untersuchungen zum Einfluss von Landnutzungsänderungen im Einzugsgebiet der Müglitz bestätigt. Bei dem Szenariengebiet handelt es sich um ein flach geneigtes Gebiet mit relativ tiefgründigen Böden, das dementsprechend nahezu vollständig durch Ackerbau (94,3 %) genutzt wird (vgl. Kapitel 4.8.3 „Aktuelle Landnutzung des Szenariengebietes“). Weiterhin handelt es sich um ein mit 83,5 ha kleines Einzugsgebiet, in dem die Landnutzung den Gebietswasserhaushalt stärker bestimmt als in großen Einzugsgebieten (NIEHOFF 2001). Das Szenariengebiet erfüllt damit genau die Voraussetzungen, bei denen ein großer Einfluss von Nutzungsveränderungen zu erwarten war und hat daher ein besonders hohes Abflussminderungspotential.

Das hohe Minderungspotential ist möglicherweise auch durch die für die Modellierung gewählte Ackerfrucht Futtermais bei konventionellem Anbau zu erklären. Mais ist ein Sommergetreide und wird erst Mitte April bis Anfang Mai ausgesät. Dadurch ist der Boden länger als bei anderen Ackerfrüchten nicht oder nur wenig bedeckt und erst später im Jahr gut durchwurzelt. Ebenso wird durch das späte Wachstum der Maispflanzen erst ab Mitte August bis Oktober die maximal mögliche Evapotranspiration und Interzeption im Maisbestand erreicht (eigene Freilandbeobachtungen, WILLMS et al. 2010). Dadurch fällt der Unterschied zu den in der gesamten Vegetationsperiode gleich bestockten Hecken besonders hoch aus.

Die aktuelle Landnutzung, die der Modellanpassung (vgl. Kapitel 7.4 „Modellanpassung“) zu Grunde lag, enthält kaum Hecken (Abbildung 24). Es könnten daher in der Phase der Modellanpassung Ungenauigkeiten in der Parametrisierung von Hecken aufgetreten sein, die im Ist-Zustand der Landnutzung einen vernachlässigbaren Einfluss auf die statistischen Gütemaße hatten. Diese Ungenauigkeiten könnten auch zu einer leichten Überschätzung des Effektes der Hecken geführt haben. Dafür spricht, dass trotz der in der Kalibrierung festgestellten guten bis sehr guten Modellgüten, die in den Szenarien berechneten Werte der

realen Evapotranspiration leicht höher ausfallen, als durch SCHÖNE (2004) in einer Modellierung zu Evapotranspiration und Interzeption mit dem Verdunstungsmodell BROOK 90 im Einzugsgebiet des Reichstädter Baches ermittelt wurden. Um diese Fehlerquellen auszuschließen, müssten die durchgeführten Felduntersuchungen, insbesondere zu Vegetationshöhen, Durchwurzelungstiefe und Bedeckungsgrad weiter vertieft und damit die Heckenparametrisierung auf eine breitere Datenbasis gestellt werden.

Diese diskutierten möglicherweise auftretenden Ungenauigkeiten können allerdings, da sie bei allen berechneten Heckenszenarien auftreten, bei Aussagen zum Einfluss von unterschiedlichen Heckenstrukturen (bezüglich Breite, Dichte und Lage) vernachlässigt werden.

#### 7.6.1 Witterungsabhängige Einflüsse auf mögliche Abflussveränderungen

Von den Ergebnissen in Kapitel 7.5.2 und 7.5.3 lässt sich ableiten, dass in sehr feuchten Jahren das Potenzial der Abflussminderung durch Hecken geringer ist als in trockenen oder durchschnittlichen Jahren. Normiert auf die gefallene Niederschlagsmenge eines Jahres zeigt sich zumindest bei den breiteren Hecken (4x10, 4x15) ein größeres Minderungspotenzial in trockenen Jahren. Das könnte aus den in trockenen Jahren häufiger auftretenden Bedingungen mit geringerer Bodenvorfeuchte resultieren, wodurch das Porenvolumen des Bodens mehr Niederschlagswasser aufnehmen kann. Diese Witterungsabhängigkeit, mit einem steigenden Einfluss der Hecken auf das Abflussgeschehen in trockenen Jahren, zeigen auch die Untersuchungen von VIAUD et al. (2005).

Bereits die Untersuchungen von GERBER (2009) weisen darauf hin, dass die Niederschlagsverteilung im Jahr einen höheren Einfluss auf die Auswirkung von Landnutzungsänderungen haben kann, als die absolute Niederschlagsmenge. Diese These konnte im Kapitel 7.5.2 bestätigt werden, je höher die Varianz der Niederschläge im Jahresgang, umso niedriger waren die mit den Heckenszenarien erreichten Abflussminderungen. Die Ursachen liegen in der beschränkten Kapazität der Prozesse der Interzeption, Evapotranspiration und Infiltration (DYCK & PESCHKE 1995). Während eines Starkregenereignisses geht prozentual mehr Niederschlag in den direkten Oberflächenabfluss als bei weniger intensiven Niederschlagsereignissen. Das heißt, bei einem gleichverteilten Niederschlag in Form vieler kleiner Ereignisse geringerer Intensität, werden die Gesamtanteile der Reduktion durch Interzeption, Evapotranspiration und Infiltration größer.

Großen Anteil an diesem Effekt haben unterschiedliche Vorfeuchtebedingungen. Vielfach wird in einschlägigen Untersuchungen darauf hingewiesen, dass deutliche Einflüsse einer

geänderten Landnutzung nur bei trockenen Vorfeuchtebedingungen im Sommer zu erwarten sind (z.B. NIEHOFF 2001, VIAUD et al. 2005, NACHTNEBEL 2008, RIEGER & DISSE 2009). Diese Tatsache konnte durch die Ergebnisse in Kapitel 7.5.2 eindeutig bestätigt werden. Auch der im Kapitel 7.5.3 gezeigte Effekt der Abhängigkeit der Abflussveränderung von der Jährlichkeit des Niederschlagsereignisses bestätigt die diesbezüglichen Aussagen vorangegangener Untersuchungen (z. B. NIEHOFF 2001, RICHERT et al. 2007a).

#### 7.6.2 Einflüsse von Heckenstrukturen auf mögliche Abflussveränderungen

Die Kapitel 7.5.2 und 7.5.3 haben deutlich gezeigt, dass der hydrologische Effekt von Hecken für das Einzugsgebiet klar vom Flächenanteil abhängig ist, welchen die Hecken einnehmen. Dies bestätigt die Aussage, dass Effekte von Nutzungsänderungen auf den Wasserhaushalt erst bei großflächig angelegten Veränderungen Wirkung zeigen (GERBER 2009, RIEGER & DISSE 2009, SCHULTE et al. 2009).

Die Frage, ob eine breite Hecke oder mehrere schmale Hecken mit jeweils gleicher Gesamtfläche oder deren Lage am Hang unterschiedliche Auswirkungen auf das Abflussverhalten zeigen, muss klar mit nein beantwortet werden. Die Ergebnisse aus dem Kapitel 7.5.2 und 7.5.3 geben keinen Hinweis darauf, dass eine bestimmte Verteilung oder Lage der Hecken einen Einfluss auf das Abflussregime im untersuchten Einzugsgebiet hat. Allerdings weisen eine Vielzahl von Untersuchungen zur Bodenerosion auf die Bedeutung der Verkürzung der Hanglängen durch Querstrukturen hin (HACH & HÖLTL 1989, RODRIGUEZ 1997, WALTER et al. 2003, SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2004, EDELMANN 2010). Daher sind zumindest unter dem Aspekt der Bodenerosion mehrere schmale Hecken einer Breiten vorzuziehen. Dabei ist standortabhängig eine Mindestbreite einzuhalten, um die Durchströmung der Hecke durch schnellen Oberflächenabfluss zu verhindern (ARBEITSGEMEINSCHAFT BOSCH & PARTNER GMBH 2000).

Bei den Untersuchungen zur Lage am Hang konnte ebenfalls keine Vorzugsvariante aus hydrologischer Sicht festgestellt werden. Die Gründe dafür sind in der Charakteristik des Einzugsgebietes zu suchen. Das Modellierungsgebiet ist durch Sandlehm und Schluff geprägte Braunerdeböden bestimmt (vgl. Kapitel 4.5.2 „Bodenverhältnisse im Modellierungsgebiet“), die in ihrer Mächtigkeit nicht mit der Lage am Hang korrelieren. Dies trifft insbesondere für das zum Vergleich der Szenarien genutzte Gebiet zu. Daher sind Einflüsse der Bodenmächtigkeit auf das Abflussminderungspotenzial, die BRONSTERT et al. (2001) und SIEKER et al. (2007) aufzeigen und die an Hangstandorten mit bergwärts abnehmenden Bodenmächtigkeiten erwartet werden könnten, für das modellierte Gebiet nicht nachzuweisen.

Die Ergebnisse zum Saumszenario zeigten kaum Unterschiede im Abflussverhalten einer 20 m breiten Hecke im Vergleich zu einer 10 m breiten Hecke mit jeweils 5 m Grassaum. Die jeweils 5 m extensives Grünland bewirkten im Einzugsgebiet nur einen minimal höheren Abfluss als das Szenario der 20 m breiten Hecke. Dieses Ergebnis könnte darauf hinweisen, dass Hecken auf Grünland nur eine geringe abflussverändernde Wirkung haben. Die Ursachen dürften dabei in den ungestörten Bodenverhältnissen unter Extensivgrünland liegen, die wie unter Hecken, einen hohen Anteil vertikal-kontinuierlichen Makroporen aufweisen (RICHERT et al. 2007a, LEICHT 2008) und dadurch ähnlich gute Infiltrationsbedingungen aufweisen (DOUSSAN et al. 2003, LANGE et al. 2008). Dem widersprechen allerdings Untersuchungen zur Evapotranspiration von Hecken und Grünland in Frankreich (GUYOT 1997, in CAUBEL et al. 2003), bei denen für Hecken eine 2-3-mal höhere Evapotranspiration als für Grünland auf derselben Fläche festgestellt wurde. Dies scheint aber sehr hoch, da in der Literatur für Mischwälder eine 1,5 - 2-mal höhere jährliche Bestandesverdunstung gegenüber Grünland angegeben wird (LERCH 1991).

## 7.7 Fazit

In Kapitel 7.6 wurden die erzielten Ergebnisse diskutiert und weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt. Zu beachten ist, dass die Höhe der Abflussreduzierung stark von der Gebietscharakteristik des Untersuchungsgebietes, besonders von den Bodenverhältnissen und dem Relief, abhängt. In der Zusammenfassung der Arbeiten zur hydrologischen Modellierung von Heckenszenarien haben sich aber folgende Kernaussagen herauskristallisiert, die zumindest im regionalen Maßstab auf andere Heckenstandorte als übertragbar angesehen werden können:

1. Verfolgt man das Ziel, schnelle Abflusskomponenten auf Ackerflächen zu vermindern, ist jede Hecke besser als keine Hecke. Dabei sinkt allerdings der Einfluss der Heckenstrukturen auf das Abflussverhalten, je höher die Bodenvorfeuchte ist.
2. Je mehr Ackerfläche die Heckenstrukturen einnehmen, umso stärker sind die Einflüsse auf das Abflussgeschehen.
3. Dabei ist es für die Wasserbilanz nahezu unerheblich, ob es sich bei gleicher Fläche um eine breite oder mehrere schmale Hecken handelt.
4. Hinweise auf einen Einfluss der Lage der Hecke am Hang auf die Wasserbilanz konnten nicht gefunden werden.
5. Witterungsabhängige Einflüsse überprägen die heckenbezogenen Einflussparameter. Der Einfluss von Heckenstrukturen auf das Abflussgeschehen sinkt, je mehr

Niederschlag in der Jahressumme fällt und umso ungleichmäßiger dieser Niederschlag verteilt ist.

## 8 Hecken in der Agrarlandschaft

### 8.1 Diskussion der Vor- und Nachteile von Hecken in der Agrarlandschaft

Wie bereits eingangs erwähnt, sind Hecken Gegenstand kontroverser fachlicher Diskussionen zwischen Heckengegnern und –befürwortern. Schon im Jahre 1784 wurde aufgrund einer Unmenge von Argumenten beider Seiten eine Studie von der Akademie der Wissenschaften in Göttingen angefertigt, welche die Vor- und Nachteile der Hecken schlüssig darstellen sollte. Wie schon eingangs erwähnt, gab es seit dem Ende des 18. Jahrhunderts kaum eine größere agrarökonomische Abhandlung oder ein Lehrbuch, in dem das Heckenproblem nicht detailliert diskutiert wurde (WEBER 2003).

Tabelle 38 gibt allgemein die am häufigsten genannten Vor- und Nachteile aus landwirtschaftlicher Sicht an.

Tabelle 38: Häufig vorgetragene Vor- und Nachteile von Hecken aus landwirtschaftlicher Sicht (nach WEBER, 2003)

Nachteile	Vorteile
Verbrauch wertvoller Agrarfläche	Kompensation durch Mehrertrag
Unkräuter der Hecken befallen die Agrarflächen	Flugsamen von Ackerunkräutern werden durch die Hecke aufgefangen
Brutstätte tierischer Schädlinge	Brutstätte von Vögeln und anderen Schädlingsvertilgern (Spitzmäuse, Igel u.a)
Ertragsminderung durch Beschattung und Wurzelkonkurrenz	Ertragssteigerung bezogen auf die Gesamtfläche durch verändertes Mikroklima
Pflegeaufwand	Holzgewinnung, Früchte
Behinderung des Einsatzes von großen Maschinen	

Untersuchungen von BASEDOW (1987) zeigten, dass viele Schädlingsfeinde auf Hecken als Lebensraum angewiesen sind, sei es teilweise auch nur kurzzeitig. Zuckerrübenfelder in einer strukturreichen Landschaft brauchten seltener Insektizide als Felder in einer ausgeräumten Landschaft (BASEDOW 1990), was die ökonomische Bedeutung von Hecken unterstreicht.

In Tabelle 39 werden überblicksmäßig die wichtigsten positiven oder negativen Auswirkungen der Pflanzung einer Hecke auf den Ertrag im Zusammenhang mit dem veränderten Klima der bodennahen Luftschicht im Luv und Lee (Abbildung 72) auf die sie umgebenden landwirtschaftlichen Flächen aufgezeigt.

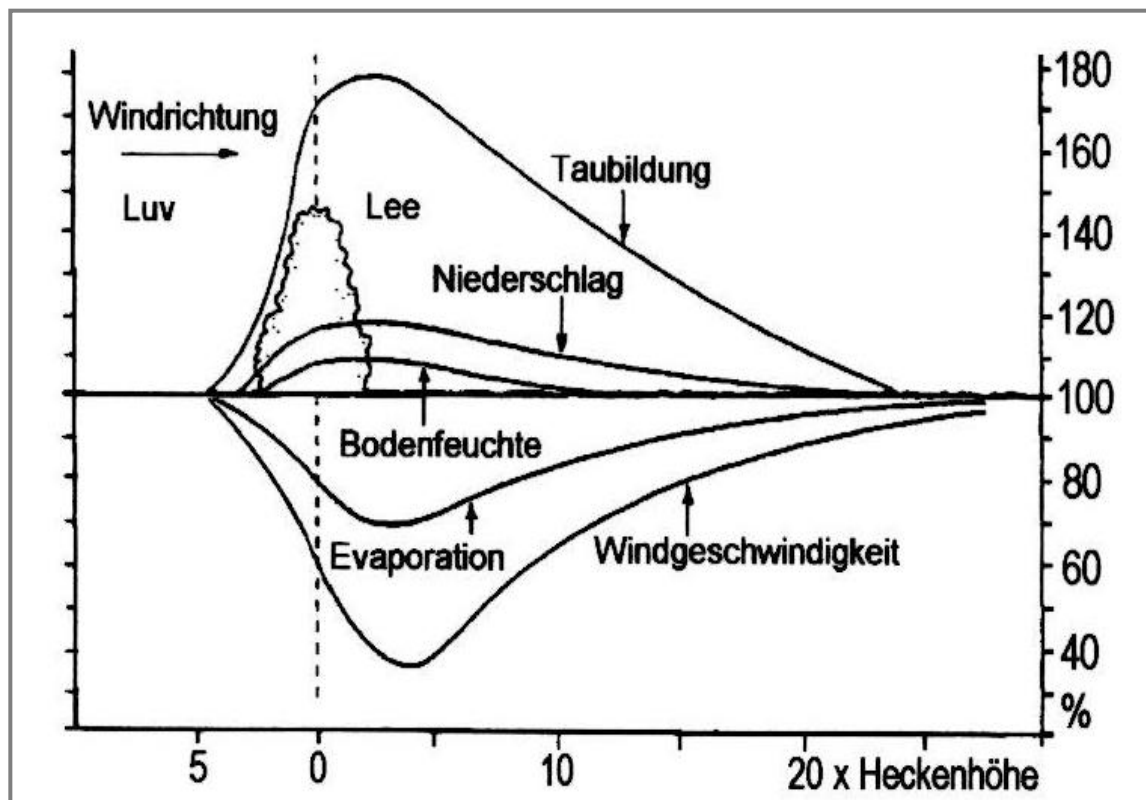


Abbildung 72: Mikroklimatische Wirkung einer quer zur Windrichtung verlaufenden Hecke (aus WEBER 2003)

Bei Tabelle 39 handelt es sich um eine reine Aufzählung von möglichen Effekten, ohne die Angabe einer Größenordnung, da diese je nach Untersuchungsgebiet und Studie stark variieren. Im Fall unterschiedlicher Ergebnisse zu Auswirkungen in Folge unterschiedlicher Untersuchungen wurden jeweils die Studien, die einen Effekt nachweisen konnten, in die Tabelle aufgenommen. Bestimmte Einflüsse führen nur in Kombination mit anderen Faktoren zu einem negativen oder positiven Effekt und werden daher hier gesondert berücksichtigt. Für einige Faktoren sind sowohl positive als auch negative Effekte festzustellen, da dies von Faktoren wie der Gebietscharakteristik, dem allgemeinen Klima, jahreszeitlichen Schwankungen und dem spezifischen Witterungsverlauf, den Bodeneigenschaften, der genauen Lage der Hecke, der Art der angebauten Kulturpflanze und der genauen Entfernung zur Hecke abhängig ist.



Zum Beispiel kann die erhöhte Schneeablagerung im Leebereich (Abbildung 73) einerseits die Saaten bei Starkfrösten schützen, andererseits kann ein verspätetes Abtauen zu Beginn der Vegetationsperiode das Pflanzenwachstum behindern und zu Schneeschimmel führen (RÖSER 1989).



Abbildung 73: Schneeablagerungen an einer Hecke im Weißbachgebiet/Osterzgebirge (Foto R. Achtziger 2006)

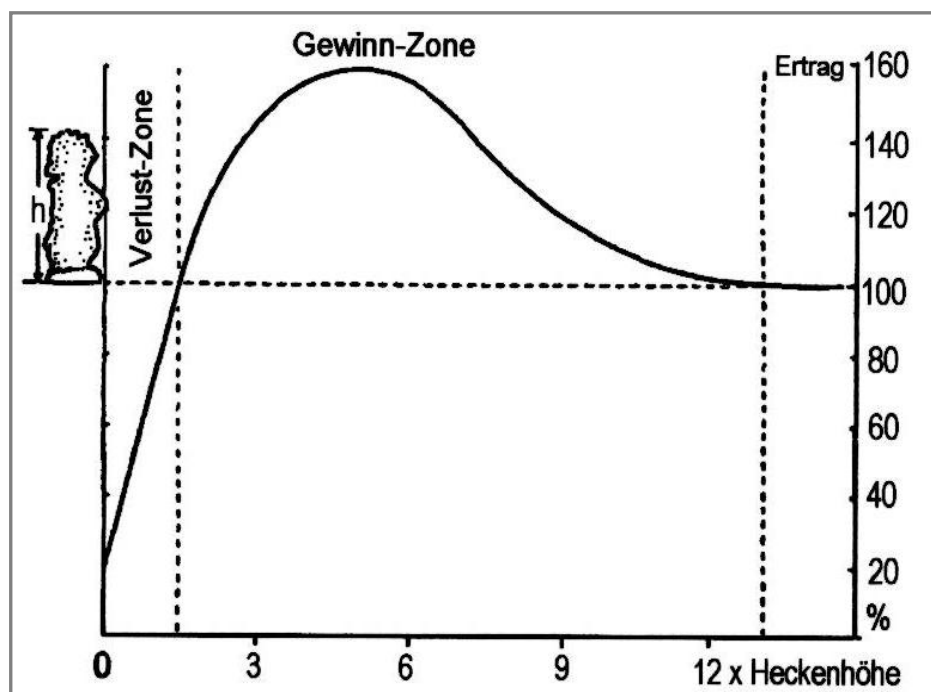


Abbildung 74: Leeseitige Wirkung einer quer zur Windrichtung verlaufenden Hecke auf die landwirtschaftliche Produktion (aus WEBER 2003)

Tabelle 39: Auswirkungen der Pflanzung einer Hecke im Zusammenhang mit dem veränderten Klima der bodennahen Luftschicht im Luv und Lee (eigene Zusammenstellung)

<b>Auswirkungen</b>	<b>positiv</b>	<b>negativ</b>
Schneeablagerung im Lee	Schutz vor Kahlfrösten (WALLBERG-JACOBS 1991) und Auswinterung (RÖSER 1989), vermehrter Schmelzwasseranfall besonders in trockenen Jahren und Gebieten (RÖSER 1989, SPAHL 1990)	Behinderung einer frühen Feldbestellung durch verzögertes Abtauen und Abtrocknen (WALLBERG-JACOBS 1991, RÖSER 1989), verzögerter Pflanzenwuchs, Befall der Saaten mit Schneeschimmel (RÖSER 1989, SPAHL 1990, JEDDELOH 1979)
höhere Bodenfeuchte im Lee	Schutz vor Austrocknung besonders in trockenen Jahren (RÖSER 1989)	schlechteres Abtrocknen in nassen Jahren, Bodenvernässungsgefahr (RÖSER 1989)
höhere Bodenfeuchte im Lee und Erhöhung des Stickstoffanteils		stärkere Verunkrautung (KNAUER 1993)
Verlängsamung des Oberflächenabflusses und Verbesserung der Versickerung	Vermeidung bzw. Verringerung von Bodenerosion (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2006)	
geringere Verdunstung im Einflussbereich der Hecken	Schutz vor Austrocknung besonders in trockenen Jahren (RÖSER 1989)	schlechteres Abtrocknen in nassen Jahren, Bodenvernässungsgefahr (RÖSER 1989)
höhere Luftfeuchtigkeit		vermehrter Pilzbefall (TISCHLER 1980)
schnellere Erwärmung im Lee – höhere Temperaturen	Schutz vor Kahlfrösten (WALLBERG-JACOBS 1991), weniger Tage mit Bodenfrost (TISCHLER 1980)	
regelmäßiger Nährstoffeintrag durch Laufabfall der Büsche	höhere Biomasse, höhere Anzahl an Regenwürmern (WALLBERG-JACOBS 1991)	
Schattenwurf hoher Bäume	Schutz vor Austrocknung, Schutz von empfindlichen Pflanzen vor zu starker Sonneneinstrahlung (WALLBERG-JACOBS 1991), Schutz von Weidetieren vor Strahlung (Hitze) und Regen (RÖSER 1989, SPAHL 1990)	schlechteres Abtrocknen in nassen Jahren, Bodenvernässungsgefahr (RÖSER 1989)
Abschwächung der Windgeschwindigkeit im Lee	Schutz vor Winderosion (TISCHLER 1980, RÖSER 1989)	
geringere Verdunstung im Lee	Schutz vor Austrocknung besonders in trockenen Jahren (TISCHLER 1980)	
Filterwirkung geben Staub und sonstige Luftverunreinigungen und Pestizide	Verhinderung der Ausbreitung von Unkrautsamen, Feinstaub und Pestiziden (TISCHLER 1980, WALLBERG-JACOBS 1991, RÖSER 1989)	
Abschirmung von Regen durch hohe Bäume (Regenschattzone)	Schutz vor Vernässung in nassen Jahren (TISCHLER 1980, RÖSER 1989)	Verlust von Regenwasser besonders in trockenen Jahren (TISCHLER 1980, RÖSER 1989)
Durchwurzelung des Ackerrandes besonders durch große Bäume		Nährstoffentzug, Wasserentzug besonders problematisch in trockenen Jahren (TISCHLER 1980, RÖSER 1989)
erhöhte und längere Taubildung	Schutz vor Austrocknung besonders in trockenen Jahren (WALLBERG-JACOBS 1991, RÖSER 1989)	schlechteres Abtrocknen in nassen Jahren, Bodenvernässungsgefahr (RÖSER 1989)
bodenbiologisch erzeugter CO <sub>2</sub> -Gehalt wird weniger verweht	höhere Assimilation – Mehrertrag (WEBER 2003)	

Grundsätzlich ist aus den Forschungsergebnissen abzuleiten, dass die mikroklimatischen Auswirkungen von Hecken günstige Voraussetzungen für das Pflanzenwachstum bieten. Im Windschutz der Hecke haben die Feldpflanzen im allgemeinen einen Wachstumsvorsprung, das Saatgut läuft früher und gleichmäßiger auf (3-6 Tage gegenüber Freiland), die Pflanzen werden im allgemeinen höher, sie blühen früher, der Fruchtansatz setzt zeitiger ein (SPAHL 1990). Wie durch zahlreiche Untersuchungen gezeigt wurde, kommt es in der Regel zu einer Ertragssteigerung bezogen auf die Gesamtfläche (Abbildung 74). Im unmittelbaren Heckenumfeld (Luv wie auch Lee) muss generell mit Ertragseinbußen gerechnet werden, aber bereits nach einem bis wenigen Metern steigt, je nach Exposition, der Ertrag über den Freilandwert an. Anschließend fällt er dann sukzessive auf das Freilandniveau zurück (RÖSER 1989).

Die Tabelle 40 zeigt eine Zusammenstellung ausgewählter Ertragsveränderungen im Leebereich der Hecke, wobei zu beachten ist, dass die Höhe der Änderungen nicht nur von der Fruchtart, sondern auch von der Gebietscharakteristik, dem allgemeinen Klima, den jahreszeitlichen Schwankungen und dem spezifischem Witterungsverlauf, den Bodeneigenschaften, der genauen Lage der Hecke abhängig ist.

Tabelle 40: Ertragsveränderungen im Leebereich der Hecken nach Fruchtart (eigene Zusammenstellung)

Fruchtart	Änderungen	Quelle
Grünland	Massenproduktion 20-31 % , Halmlänge 8 %	JEDDELOH 1979
Heuertrag	Steigerung 8-19 %	BENDER 1955 in WEBER 2003
Obst	minimal 10 % maximal 60-100 % (Birnen)	JEDDELOH 1979
Getreide gesamt	Steigerung 7-25 %	MÜLLER 1956, OLSCHOWY 1965 in WEBER 2003
Winterweizen	günstige Jahre Steigerung 4-47 % ungünstige Jahre Verlust bis max. 6 %	JEDDELOH 1979
Sommerweizen	Ertragssteigerung bis 29 %	JEDDELOH 1979
Wintergerste	Ertragssteigerung bis 43 %	JEDDELOH 1979
Sommergerste	Ertragssteigerung bis 43 %	JEDDELOH 1979
Roggen	Ertragssteigerung bis 11 %	JEDDELOH 1979
Hafer	Ertragssteigerung 9-24 %	JEDDELOH 1979
Futterrüben	Ertragssteigerung 3-50 %	KREUTZ 1952
Kartoffeln	Ertragssteigerung 4-20 %	KREUTZ 1952
Mais	Ertragssteigerung bis 27 %	KRUMSDORF 1964 in WEBER 2003

Die ertragssteigernde Wirkung der Hecken erstreckt sich nach JEDDELOH (1979) im Lee meist etwa auf das 10-20fache der Heckenhöhe, in Einzelfällen auch das 30fache der ungeschützten

Lagen. Der von der Hecke beanspruchte Raum sowie die Mindererträge in der heckennahen Verlustzone werden damit mehr als ausgeglichen (RÖSER 1989, WEBER 2003).

Zu beachten ist, dass sich die Pflanzen im Randbereich der landwirtschaftlichen Flächen durch intensive Sonneneinstrahlung nicht optimal entwickeln und es somit zu Ertragseinbußen kommt (RÖSER 1989), was bei der Diskussion um Ernteverluste im Leebereich von Hecken aber oft nicht berücksichtigt wird.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Mikroklimaverschiebung im Luv- und Leebereich der Hecke in der Gesamtbilanz zu keinen Mindererträgen, sondern je nach Gebietscharakteristik und Witterungsbedingungen eher zu Ertragssteigerungen führt. Dabei ist aber zu beachten, dass sich die dargestellten Daten größtenteils auf ertragreiche Standorte mit überwiegender ackerbaulicher Nutzung beziehen und nicht die spezifischen Probleme von Mittelgebirgsregionen berücksichtigen. Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag jedoch speziell auf der Betrachtung von Hecken im Naturraum Erzgebirge. Da kann es, vor allem durch die klimatischen Bedingungen, zu anderen Bilanzen der Erträge im Luv- und Leebereich von Hecken kommen als das in der Literatur angegeben wird. Deshalb war es wichtig, diesen Punkt durch gezielte Fragen im Rahmen der Befragung mit zu berücksichtigen und sich nicht nur auf die Ergebnisse der Untersuchungen in ertragreichen Ackerstandorten zu verlassen.

## **8.2 Befragung und Analyse zur Akzeptanz von Hecken im Erzgebirge**

Die ungünstigen naturräumlichen Voraussetzungen für die landwirtschaftliche Flächennutzung im Untersuchungsgebiet Erzgebirge, wie die geringe Bodenwertzahl und eine verkürzte Vegetationsperiode, führen zu einer veränderten Ausgangssituation hinsichtlich der Bewertung von Wirkung und Akzeptanz von Heckenstrukturen. Deshalb ist eine Analyse der spezifischen Probleme dieses Naturraumes von großer Bedeutung.

Da keine Untersuchungen zur Akzeptanz solcher Strukturen in Mittelgebirgsregionen vorlagen, wurde eine eigene Erhebung (persönliche Befragung) in ausgewählten Landwirtschaftsbetrieben des Untersuchungsgebietes durchgeführt, was administrativ (bis zur Kreisneugliederung in Sachsen ab 01.08.2008) den Landkreisen Sächsische Schweiz, dem Weißeritzkreis, dem Kreis Freiberg, dem Mittleren Erzgebirgskreis und dem Kreis Annaberg entsprach. Dabei lag der Schwerpunkt auf einer intensiven Diskussion und der Auswertung von Erfahrungen und Problemen von Landnutzern (Landwirte) mit Hecken im Naturraum Erzgebirge. Dabei sollte festgestellt werden, inwieweit naturräumliche Gegebenheiten wie Höhenlage, Bodenzahl und Hangneigung einen Einfluss auf die Akzeptanz von Hecken und die Entscheidungsfindung zur Neuanlage ausüben. Ziel der Befragung war es, die

spezifischen Erfahrungen und die damit eventuell verbundenen Probleme der Landwirte in Bezug auf Heckenstrukturen im Untersuchungsgebiet zu erfassen und zu verstehen, um diese bei der praktischen Umsetzung zur Förderung von Heckenstrukturen entsprechend zu berücksichtigen und somit einen Erkenntnistransfer von der Theorie in die Praxis zu gewährleisten.

Eine zentrale Fragestellung dabei war, ob bestimmte Handlungsentscheidungen wie zum Beispiel die Bereitschaft zur Anlage von Heckenstrukturen oder deren konkrete Lage von Faktoren wie allgemeinen Betriebsdaten oder der aktuellen Heckensituation beeinflusst werden. Der Fragebogen sollte so konstruiert werden, dass mit Hilfe statistischer Testverfahren Rückschlüsse auf solche Einflussfaktoren gezogen werden können.

## 8.2.1 Methodik der Befragung

### 8.2.1.1 Auswahl der Erhebungsmethode

Als Erhebungsmethode wurde die Teilerhebung gewählt, bei der nur eine Teilmenge der Grundgesamtheit (Stichprobe) untersucht wird (SCHNELL et al. 1999) (Abbildung 75).

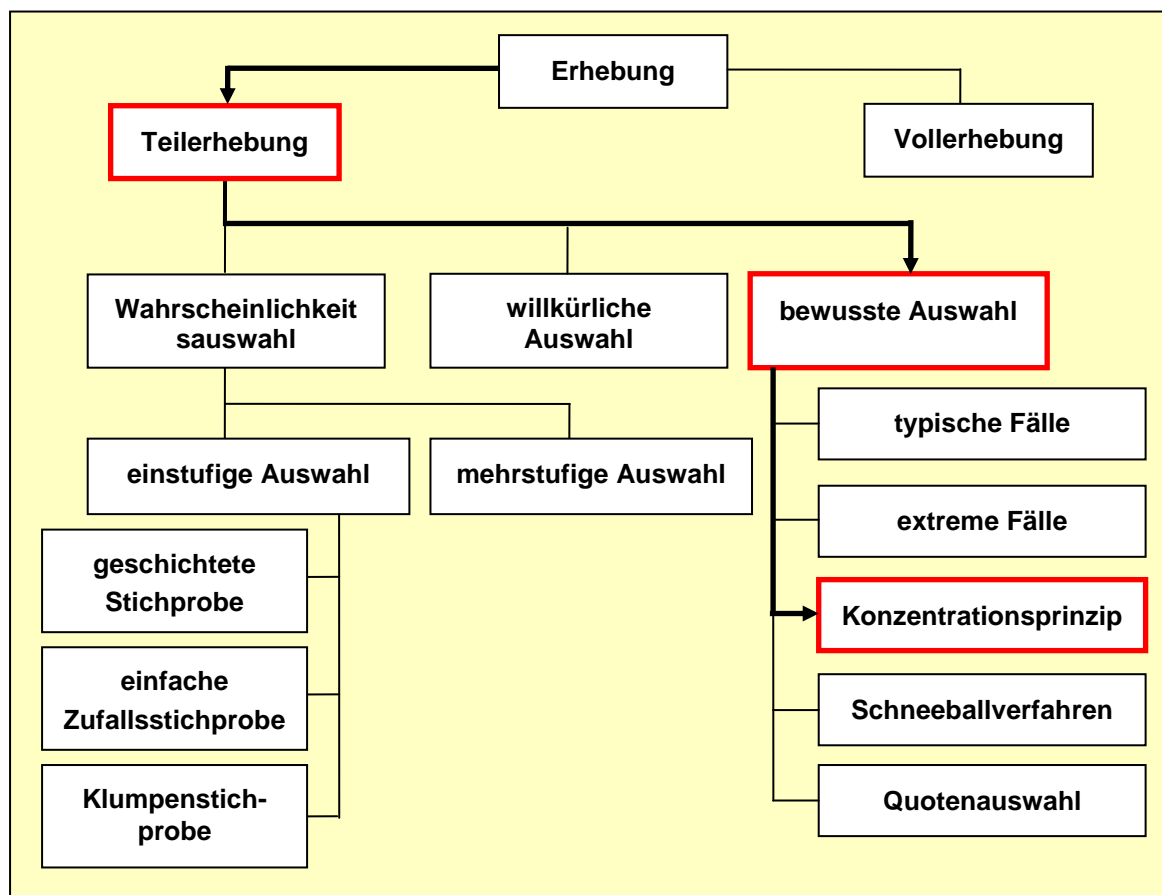


Abbildung 75: Übersicht über Auswahlverfahren, die hervorgehobenen Linien kennzeichnen das ausgewählte Verfahren (verändert nach SCHNELL et al. 1999)

Eine Vollerhebung, welche die Erhebung aller Elemente einer Grundgesamtheit (hier: alle landwirtschaftlichen Betriebe) darstellt (SCHNELL et al. 1999), war aus technischen und logistischen Gründen nicht möglich. Es wurden ausschließlich Betriebe mit der Rechtsform „juristische Person“ einbezogen, da diese den Großteil der landwirtschaftlichen Flächen im Untersuchungsgebiet bewirtschaften (Abbildung 76). Zum Beispiel wurden zum Zeitpunkt der Umfrage im Winter 2007/2008 im Weißeritzkreis von 32 Betrieben (9,7 % aller Betriebe) der Rechtsform juristische Personen insgesamt 28.441 ha (73,3 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche) bewirtschaftet.

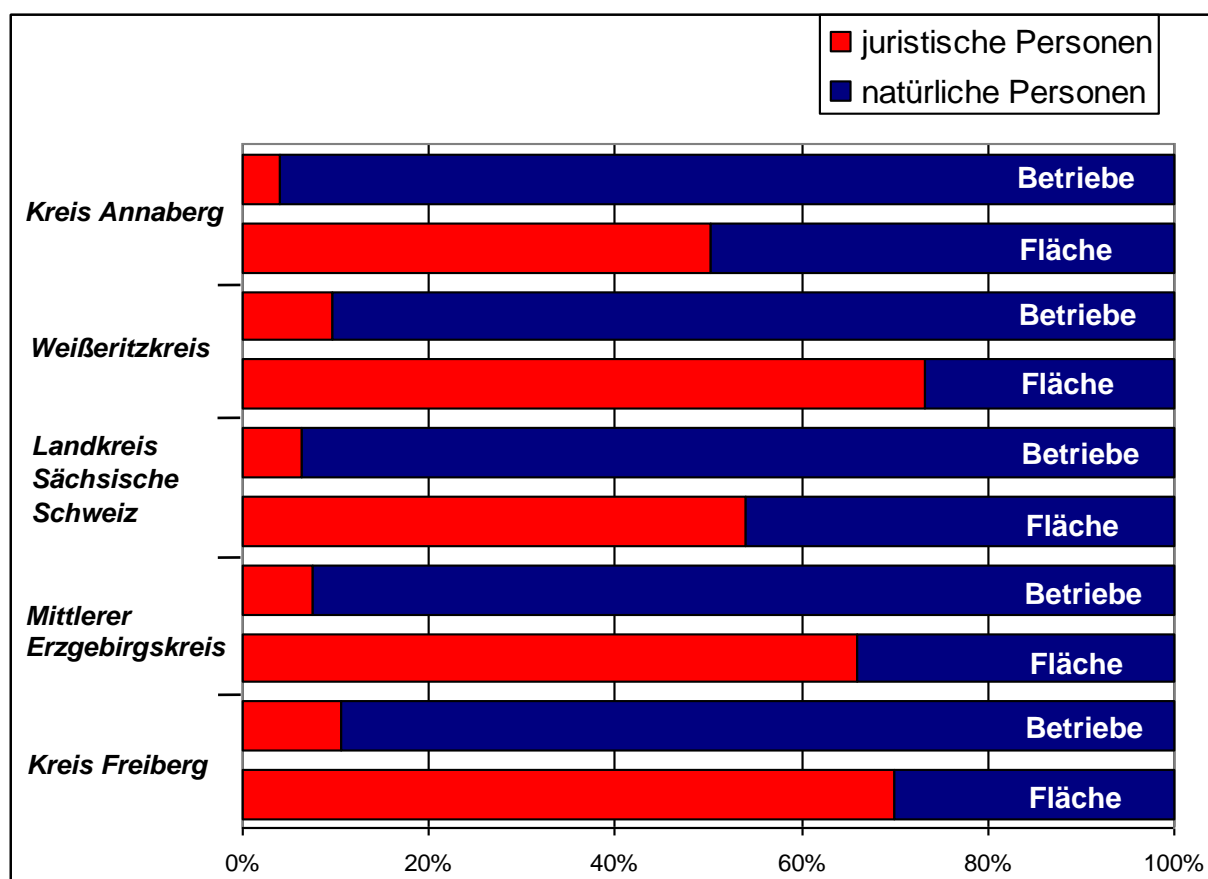


Abbildung 76: Landwirtschaftliche Betriebe und deren landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) nach Landkreisen sowie Rechtsformen 2007 (Daten des statistischen Landesamts des Freistaates Sachsen)

Da die Kontaktdaten der Betriebe aus Datenschutzgründen nicht zur Verfügung standen, wurde auf das öffentlich verfügbare gemeinsames Registerportal der Länder<sup>1</sup> zurückgegriffen, in der alle Betriebe der Rechtsform juristische Personen eingetragen sind. Die untersuchte Teilmenge stellt somit alle landwirtschaftlichen Betriebe der Rechtsform juristische Personen dar, welche auch als Erhebungsgrundgesamtheit, Gesamtheit von Fällen, aus der die Stichprobe für die Teilerhebung gezogen wird (KROMREY 2006), bezeichnet werden kann.

<sup>1</sup> [http://www.vereinsregister.de/rp\\_web/mask.do?Typ=e](http://www.vereinsregister.de/rp_web/mask.do?Typ=e)

Aufgrund der Beschränkung der Auswahl auf Betriebe der Rechtsform „juristische Personen“, handelt es sich um eine bewusste oder gezielte Auswahl (Abbildung 75, SCHNELL et al. 1999, KROMREY 2006). Aus dem Methodenspektrum der bewussten Auswahlverfahren wurde die Auswahl nach dem Konzentrationsprinzip gewählt, welches auf der Auswahl derjenigen Fälle basiert, bei denen ein interessierendes Merkmal so stark ausgeprägt ist, dass diese Fälle nahezu die gesamte Verteilung in der Grundgesamtheit bestimmen (SCHNELL et al. 1999). Einen hohen Stellenwert gewinnt die Auswahl nach dem Konzentrationsprinzip dann, wenn ein relativ kleiner Teil der Grundgesamtheit (hier: Betriebe mit der Rechtsform „juristische Personen“) einen großen Einfluss auf die untersuchten Merkmale ausübt (hier: hoher Anteil an der Landwirtschaftsfläche) (KROMREY 2006) (Abbildung 77). Somit eignet sich dieses Verfahren besonders für spezielle und eingeschränkte Fragestellungen (SCHNELL et al. 1999).

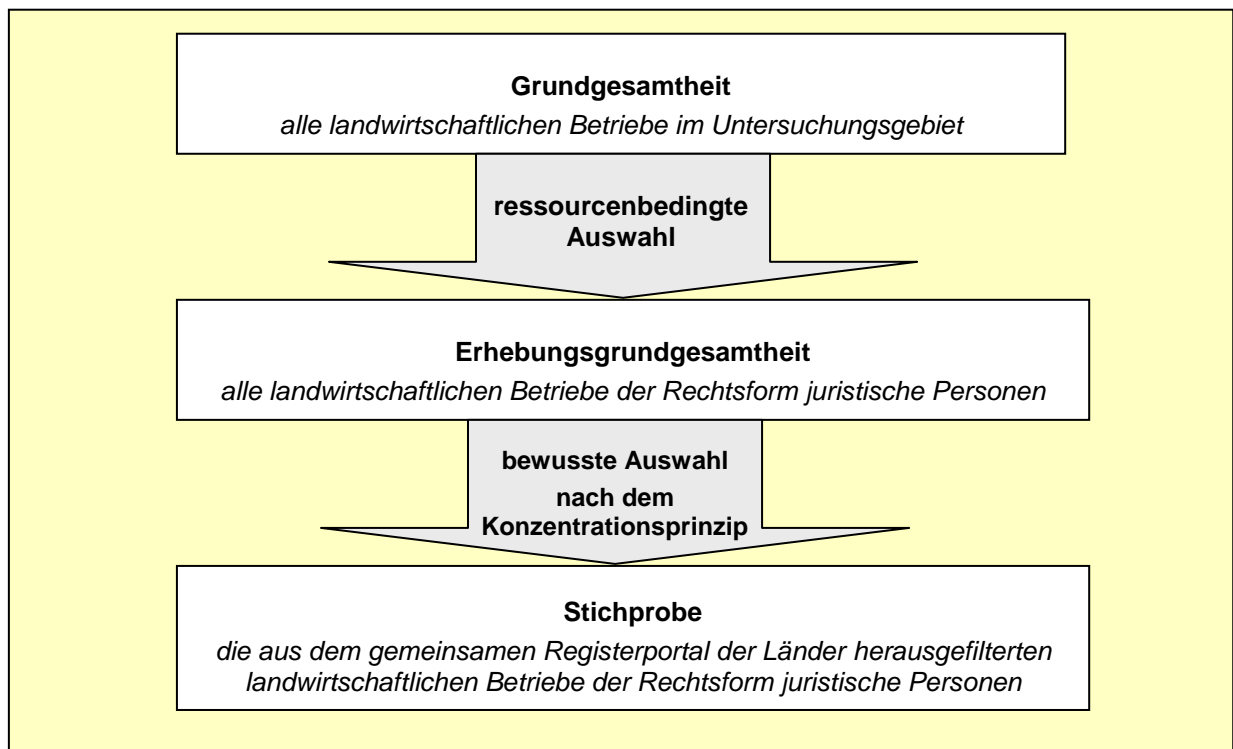


Abbildung 77: Vorgehensweise bei der Auswahl der Stichprobe

#### 8.2.1.2 Auswahl der Befragungsmethode und Aufbau des Fragebogens

Als Methode der Datenerhebung (Befragungsmethode) wurde eine mündliche Einzelbefragung bzw. Experteninterviews auf Betriebsebene gewählt. Bei Experteninterviews werden Menschen befragt, die über den Umfragegegenstand besondere und umfassende Erfahrungen haben (ATTESLANDER 2006). Im vorliegenden Fall wurden die Experteninterviews als halbstandardisierte Einzelbefragungen mit Hilfe eines Fragebogengerüsts oder Interviewleitfadens als so genanntes Leitfadengespräch bzw.



Intensiv- oder Tiefengespräch durchgeführt (HOLM 1991). Diese Form der Befragung erlaubt es, zu bestimmten Themen genauer nachzufragen, Sachverhalte intensiver und mehr in die Tiefe gehend zu erfassen. Die Reihenfolge der Fragen ist selbst bestimmbar und nach den Gründen für bestimmte Verhaltensmuster kann mit Hilfe von so genannten offenen Fragen, bei denen keine Antwortmöglichkeiten vorgegeben werden, intensiv recherchiert werden. Der Interviewer hat somit die Möglichkeit, die Befragungssituation selbst mitzustrukturieren (KROMREY 1990).

Der Einsatz einer halbstandardisierten Einzelbefragung erwies sich als die günstigste Methode der Datenerhebung, da sehr verschiedenartige und individuelle Antworten zu erwarten waren. Die Nachteile des halbstandardisierten Interviews, wie eine schlechte Vergleichbarkeit der Antworten auf die offenen Fragen, wurden durch eine Kombination von geschlossenen und offenen Fragen minimiert. Meistens wurde eine geschlossene Frage mit Antwortvorgaben durch eine offene Frage, die zur Erfassung der genauen Beweggründe der Antwortwahl dient, ergänzt. Damit übernimmt der Befragte selbst die Formulierung seiner Antwort und kann innerhalb seines eigenen Referenzsystems antworten (SCHNELL et al. 1999). Da es wichtig war, möglichst alle Motivationen für bestimmte Verhaltensweisen zu erfassen, waren Mehrfachnennungen möglich, die aber in keine Rangordnung gebracht werden mussten.

Der Fragebogen (siehe Anhang 12.4 „Fragebogen“ und Tabelle 41) gliederte sich in die zwei Teile (1) Allgemeine Angaben zum Betrieb und (2) in die Heckenthematik. Der erste Teil beinhaltete allgemeine Betriebsangaben wie Lage und Höhenlage des Betriebes, Rechtsform, Position der befragten Person im Unternehmen, Bodenwertzahl, Betriebsgröße (landwirtschaftliche Nutzfläche mit der Angabe der angebauten Fruchtarten in Hektar, Tierbestand in Köpfen) und Art der Bodenbearbeitung (konventionell oder konservieren (pfluglos)). Diese allgemeinen Fragen zum Betrieb sind bei der Auswertung von Zusammenhängen zwischen beispielsweise Höhenlage, Rechtsform, Bodenwertzahl oder Betriebsgröße und der Heckenthematik von besonderem Interesse. Des Weiteren erleichtern sie den Einstieg in die Befragung, da es sich um klare und einfach zu beantwortende Fragen handelt, sie werden auch als Auftakt- oder „Eisbrecherfragen“ bezeichnet und schaffen ein „Vertrauensklima“ zwischen Interviewer und Befragten (HOLM 1991).

Der zweite umfangreichere Fragenkomplex beschäftigte sich ausschließlich mit dem Thema Hecken und gliederte sich in 5 Abschnitte (Tabelle 41). Dabei wurde als Einstieg eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Hecken nach Gesamtanzahl, Gesamtlänge, Breite, Höhe, Art und Alter gewählt. Da davon ausgegangen wird, dass bei den Befragten dazu keine genauen Zahlenangaben vorliegen, wurden hier auch Schätzwerte akzeptiert. Nach der



allgemeinen Bestandsaufnahme der individuellen Heckensituation der Betriebe schlossen sich Fragen zu Problemen mit diesen Hecken, der Pflanzaktivität in den letzten 20 Jahren, der Bereitschaft zur Pflanzung weiterer Hecken und die Frage nach den Beweggründen für das Handeln an. Weitere Themenschwerpunkte waren Fragen nach den angenommenen Ernteverlusten und deren ungefähren Höhe in Prozent, dem aus Sicht des Betriebs vorstellbaren Minimalabstand zwischen Hecken und der maximal vorstellbaren Breite und Dichte, der Bereitschaft zur Anlage eines Heckensaumes und der Art der Flächennutzung, auf der eine Hecke am ehesten gepflanzt werden könnte.

Tabelle 41: Gliederung des Fragebogens

<b>Abschnitt</b>	<b>Thematik</b>	<b>Fragen Nr.</b>
I	allgemeine Betriebsangaben	1-8
II	Hecken	9-29
II a	aktuelle Bestandssituation	9, 11-12
II b	Probleme	10, 13; 27
II c	Präferenzen bei zukünftigen Heckenpflanzungen	14-24
II d	Pflanzenarten	25-26
II e	Förderpolitik	28-29

Als Einstieg in die Problematik von Hecken am Hang wurde eine Bestandsaufnahme der Hangneigungssituation des Betriebes gewählt. Dabei mussten die Befragten den Anteil ihrer bewirtschafteten Flächen in Prozent in den drei vorgegebenen Hangneigungskategorien (schwach 2-12°, mittel 12-25° und stark > 25°) schätzen. Die Einteilung der Hangneigungsklassen erfolgte auf der Grundlage des Einflusses der Hangneigung auf Erosionsdisposition und ackerbauliche Nutzung (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 1996).

Fragen zur beabsichtigten Lage von neu gepflanzten Hecken am Hang (Ober-, Mittel-, Unterhang, quer zum Hang oder in Falllinie) und die daraus eventuell entstehenden Vorteile stellten den Schwerpunkt dieses Themenkomplexes dar. Ein weiterer Themenkomplex beschäftigte sich mit der Frage von bevorzugten oder zu vermeidenden Gehölzarten bei der Neuanlage von Hecken. Bevor Fragen zur Inanspruchnahme von Fördermitteln für die Pflanzung von Hecken und zur Zufriedenheit mit der Förderpolitik im Allgemeinen den Fragebogen abschlossen, wurde gegen Ende des Interviews noch einmal mit der Frage nach den größten Problemen mit Hecken im Allgemeinen ein Resümee gezogen und versucht die Befragung zusammenzufassen.

### 8.2.1.3 Befragung

Die Durchführung der Befragungen wurden auf eine für die Landwirte relativ arbeitsarme Zeit in den Wintermonaten Dezember 2007 und Januar 2008 gelegt. Um das Interesse an der Befragung zu wecken, wurde an die 49 ausgewählten landwirtschaftlichen Betriebe des Untersuchungsgebietes ein Informationsbrief mit einer kurzen Beschreibung des Projektes und der Bitte um Mithilfe sowie der Ankündigung eines Telefonanrufes im Laufe der darauf folgenden Woche versandt. Bei den Telefonaten zur Vereinbarung des persönlichen Interviews wurden mit Hilfe der Adressenliste aus dem Gemeinsamen Registerportal der Länder gezielt die relevanten Gesprächspartner, welche möglichst eine gehobene Entscheidungsposition im Unternehmen (möglichst Geschäftsführer o. ä.) einnehmen sollten, angesprochen.

Nicht alle Betriebe der ausgewählten Stichprobe konnten von einer Zusammenarbeit überzeugt werden. Die häufigsten Gründe waren Zeitmangel, eine grundsätzliche Ablehnung von Befragungen oder eine angeblich zu geringe Betriebsgröße.

Insgesamt konnten 42 Interviewtermine vereinbart und durchgeführt werden, was einer Rücklaufquote von 85,7 % entspricht.

Die Befragungen fanden in den jeweiligen Betrieben der Interviewpartner statt und dauerten zwischen 15 und 60 Minuten.

## 8.3 Methodik der Auswertung

Die Auswertung und Darstellung der erhobenen Daten erfolgte mit Hilfe von Excel und Statgraphics.

Nach einer allgemeinen Auswertung wurden mit Hilfe verschiedener statistischer Testverfahren die erhobenen Daten auf signifikante Zusammenhänge untersucht. Ziel dabei war es, Zusammenhänge zwischen den Daten und mögliche Einflussfaktoren aufzuzeigen, die für die Entscheidungen von landwirtschaftlichen Unternehmen in Bezug auf Heckenpflanzungen eine Rolle spielen. Bei der statistischen Analyse wurden in Ermangelung einer Normalverteilung nichtparametrische Tests angewandt (BÜHL & ZÖFEL 2000). Je nach vorhandener Datenstruktur (metrisch oder kategorial skalierte Daten) wurden verschiedene Testverfahren verwendet (Tabelle 42).

Tabelle 42: Übersicht über die verwendeten Testverfahren (angelehnt an BÜHL &amp; ZÖFEL 2000)

Testverfahren	Beschreibung	Datenstruktur
Kruskal-Wallis-Test	Mittelwerttest (Vergleich von Medianen), für den Vergleich von mehr als zwei Stichproben/Kategorien etc.	ordinalskalierte oder nicht normalverteilte intervallskalierte Variablen
Mann-Whitney-Test (U-Test)	Mittelwerttest (Vergleich von Medianen), für den Vergleich von zwei Stichproben/Kategorien	ordinalskalierte oder nicht normalverteilte intervallskalierte Variablen
Chi-Quadrat-Test	überprüft die Unabhängigkeit der Variablen und damit den direkten Zusammenhang von Merkmalen	beliebig skalierte Variablen mit einer erwarteten Antworthäufigkeit von mindestens 5
Spearman's Rangkorrelationskoeffizient	Korrelationsanalyse der Ränge und Berechnung des Korrelationskoeffizienten $r_s$ , der die Art und Richtung sowie die Stärke eines Zusammenhanges angibt	ordinalskalierte oder nicht normalverteilte intervallskalierte Variablen

Für die untersuchten Fragestellungen wurden die in Tabelle 43 aufgeführten Signifikanzniveaus mit den entsprechenden Symbolen festgelegt.

Tabelle 43: Übersicht über die verwendeten Signifikanzniveaus

Irrtumswahrscheinlichkeit	Bedeutung	Symbolisierung
$p > 0.1$	nicht signifikant	ns
$p \leq 0.1$	leicht signifikant	(*)
$p \leq 0.05$	signifikant	*
$p \leq 0.01$	sehr signifikant	**
$p \leq 0.001$	höchst signifikant	***

## 8.4 Darstellung und Auswertung des Fragebogens

Im ersten Teil der folgenden Auswertung (Kapitel 8.4.1 Allgemeine Darstellung der erhobenen Daten) werden die erhobenen Daten der Experteninterviews präsentiert, wobei sich die Darstellung in die verschiedenen Themenbereiche des Fragebogens gliedern (allgemeine Betriebsangaben, Hecken - aktuelle Bestandssituation, Probleme, Präferenzen bei zukünftigen Heckenpflanzungen, Pflanzenarten, Förderpolitik). Mit Hilfe von öffentlich verfügbaren Daten der Statistikstelle des Freistaates Sachsens und der zuständigen Ämter für Landwirtschaft wurden die allgemeinen Betriebsangaben wie Höhenlage, Bodenwertzahl und Anteil an Ackerland, soweit dies möglich war, einer Plausibilitätskontrolle unterzogen.

Der Schwerpunkt des zweiten Teiles der Auswertung (8.4.2 „Potenzielle Zusammenhänge zwischen erhobenen Parametern“) liegt auf der Verwendung statistischer Testverfahren, mit

denen die Daten auf signifikante Zusammenhänge hin untersucht werden, um eventuelle Einflussfaktoren bei der Meinungsbildung aufzeigen zu können.

#### 8.4.1 Allgemeine Darstellung der erhobenen Daten

In der Umfrage wurden 42 Betriebe mit insgesamt 67.247 ha Fläche erfasst. In Tabelle 44 ist dargestellt, welchem Anteil das an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) des jeweiligen Kreises entspricht. Dabei ist zu beachten, dass sich die Lage der Betriebsflächen nicht an administrativen Grenzen von Gemeinden oder Landkreisen orientiert und es sich deshalb nur um eine ungefähre Abschätzung handelt, was aber in diesem Falle für ausreichend angesehen werden kann.

Tabelle 44: Flächenangaben auf Kreisebene (KREISSTATISTIK SACHSEN 2007<sup>1</sup>) und Angaben der eigenen Erhebung<sup>2</sup>

Kreis	Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) in ha <sup>1</sup>	Anteil LN an Kreisfläche <sup>1</sup>	Fläche der befragten Betriebe in ha <sup>2</sup>	Anteil der Fläche der befragten Betriebe an LN <sup>2</sup>
Freiberg	59924	65.6 %	25952	43.3 %
Mittlerer Erzgebirgskreis	27412	46.0 %	9000	32.8 %
Weißeritzkreis	43581	56.9 %	22370	51.3 %
Sächsische Schweiz	44563	50.2 %	5725	12.8 %
Annaberg	18156	41.4 %	4200	23.1 %

Die Kreise Annaberg und Sächsische Schweiz liegen nur teilweise im festgelegten Untersuchungsgebiet und weisen deshalb nur einen sehr geringen Anteil an der durch die Befragung berücksichtigten Fläche auf.

##### 8.4.1.1 Teil 1: Allgemeine Betriebsangaben

Tabelle 45 zeigt die Verteilung der Betriebe nach Rechtsformen für die befragten Betriebe im Vergleich zum Kreisdurchschnitt. Wie bereits im 8.2.1 „Methodik der Befragung“ erläutert, wurden nur Betriebe der Rechtsform juristische Personen befragt. Zwei Drittel der befragten Unternehmen sind so genannte eingetragene Genossenschaften (e.G.); hierbei handelt es sich um private Unternehmen der Genossenschaftsmitglieder, die sich zum Zweck eines gemeinsamen Geschäftsbetriebes zusammengeschlossen haben. Viele der ehemaligen landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften (LPG) sind seit 1990 in diese Rechtsform

überführt worden, in den vier befragten Landkreisen entspricht diese Rechtsform im Durchschnitt einem Anteil von 40 % (Daten des STATISTISCHEN LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN).

Tabelle 45: Rechtsform der befragten Unternehmen und Vergleich mit der Kreisstatistik 2007 (Daten des STATISTISCHEN LANDESAMTES DES FREISTAATES SACHSEN)

<b>Rechtsform (ausschließlich juristische Personen)</b>	<b>Anteil der befragten Betriebe (n=42)</b>	<b>Durchschnitt der Kreisstatistik der befragten Landkreise</b>
eingetragene Genossenschaft (e.G.)	64,3 %	39,9 %
Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH)	23,8 %	48,2 %
Aktiengesellschaft (AG)	9,5 %	k.A.
Kommanditgesellschaft (KG)	2,4 %	k.A.

Von den interviewten Landwirten nahmen 83 % eine gehobene Entscheidungsposition im Betrieb als Geschäftsführer, Vorstandsvorsitzender oder Mitglied des Aufsichtsrates ein (Tabelle 46). Für einen effektiven Erkenntnistransfer von der Theorie in die Praxis war es besonders wichtig, genau diese Entscheidungsträger zu ihren Motiven, Meinungen und Problemen im Zusammenhang mit Hecken auf landwirtschaftlichen Flächen zu konsultieren. Es wurde davon ausgegangen, dass gerade die persönliche Einstellung der Entscheidungsträger hinsichtlich bestehender Hecken bzw. zur Anlage weiterer Hecken von entscheidender Bedeutung für Maßnahmen zum Erhalt und Planung von Heckenstrukturen ist.

Tabelle 46: Position des Interviewpartners innerhalb des Unternehmens (Daten eigene Erhebung)

<b>Position</b>	<b>Angabe in % (n=42)</b>
Vorstandsvorsitzender	54.8%
Geschäftsführer	26.2%
Aufsichtsrat	2.4%
Verantwortlicher Pflanzenproduktion	11.9%
Agronom	2.4%
Prokurist	2.4%

Der Rinderbestand nach Anzahl inklusive aller Jungrinder und Kälber lag je nach Betriebsgröße zwischen 200 und 5500 Stück, wobei etwa die Hälfte der Betriebe (20) einen Bestand von bis zu 1000 Rindern hatten (Abbildung 78). Selten hatten die Unternehmen andere Tierarten als Rinder, nur zwei der Betriebe züchteten Schafe und ein Betrieb besaß Damwild. Zwei der untersuchten Betriebe hatten keinen Tierbestand.

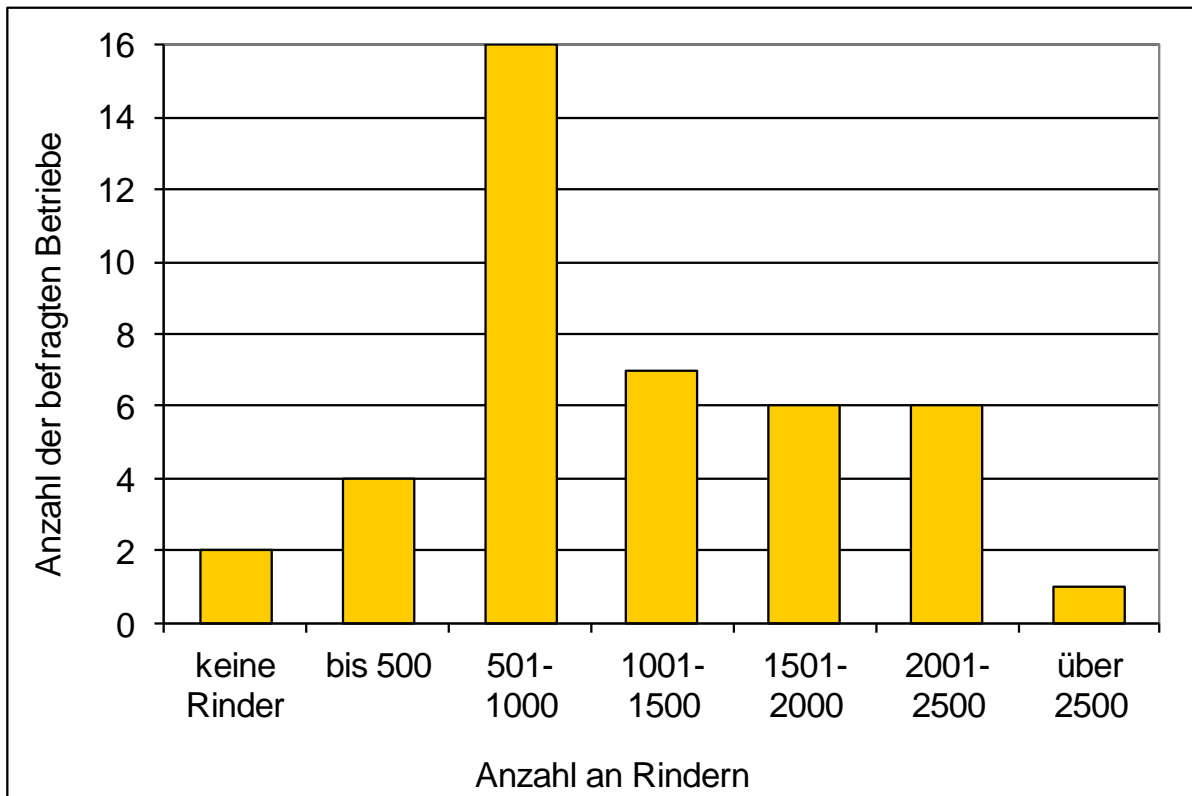


Abbildung 78: Rinderbestand der befragten Betriebe nach Anzahl (Daten eigene Erhebung)

Der Bestand an Rindern hing weder mit der Höhenlage noch mit dem Anteil an Grünland zusammen sondern nur mit der Größe der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) ( $r = 0.46^{**}$ )

Die Auswertung der Größe der befragten Betriebe nach landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) in ha zeigt, dass die meisten Betriebe (34) eine Gesamtfläche bis zu 1000 ha (14) bzw. 1001 bis 2000 ha (20) bewirtschafteten (Abbildung 79).

Dabei zeigte die Höhenlage keinen Zusammenhang mit der Betriebsgröße (Abbildung 80  $r = -0.11$ ). Anders sieht es beim Anteil des Ackerlandes (AL) an der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) aus. Mit steigender Höhenlage nimmt der Anteil an Ackerland ab und im Zuge dessen der Anteil an Grünland zu (Abbildung 80  $r = -0.70^{***}$ ). Die in den unteren Lagen wirtschaftenden Betriebe wiesen einen Ackerlandanteil von über 80 % auf, während dieser in Betrieben mit einem hohen Anteil an Flächen in den oberen Lagen unter 50 % lag (vgl. Kapitel 4.8 „Aktuelle Landnutzung“).

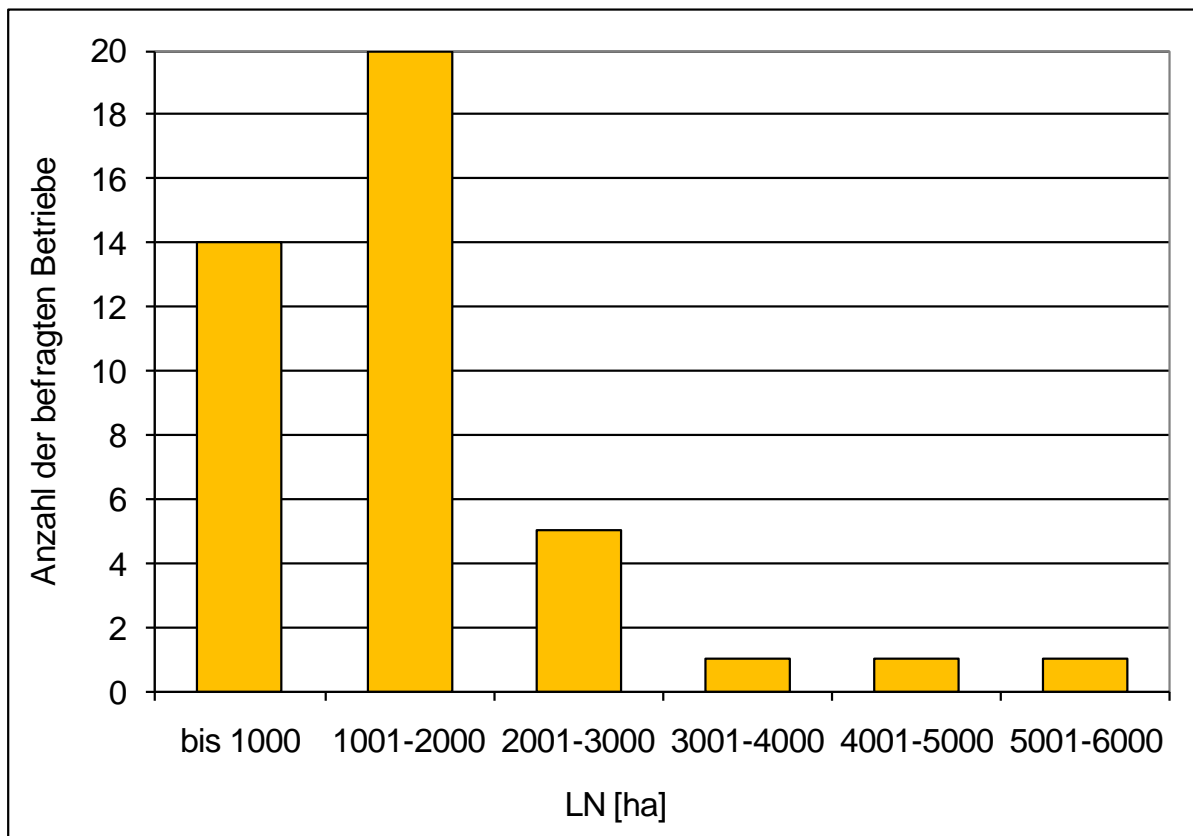


Abbildung 79: Verteilung der befragten Betriebe nach landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) (Daten eigene Erhebung)

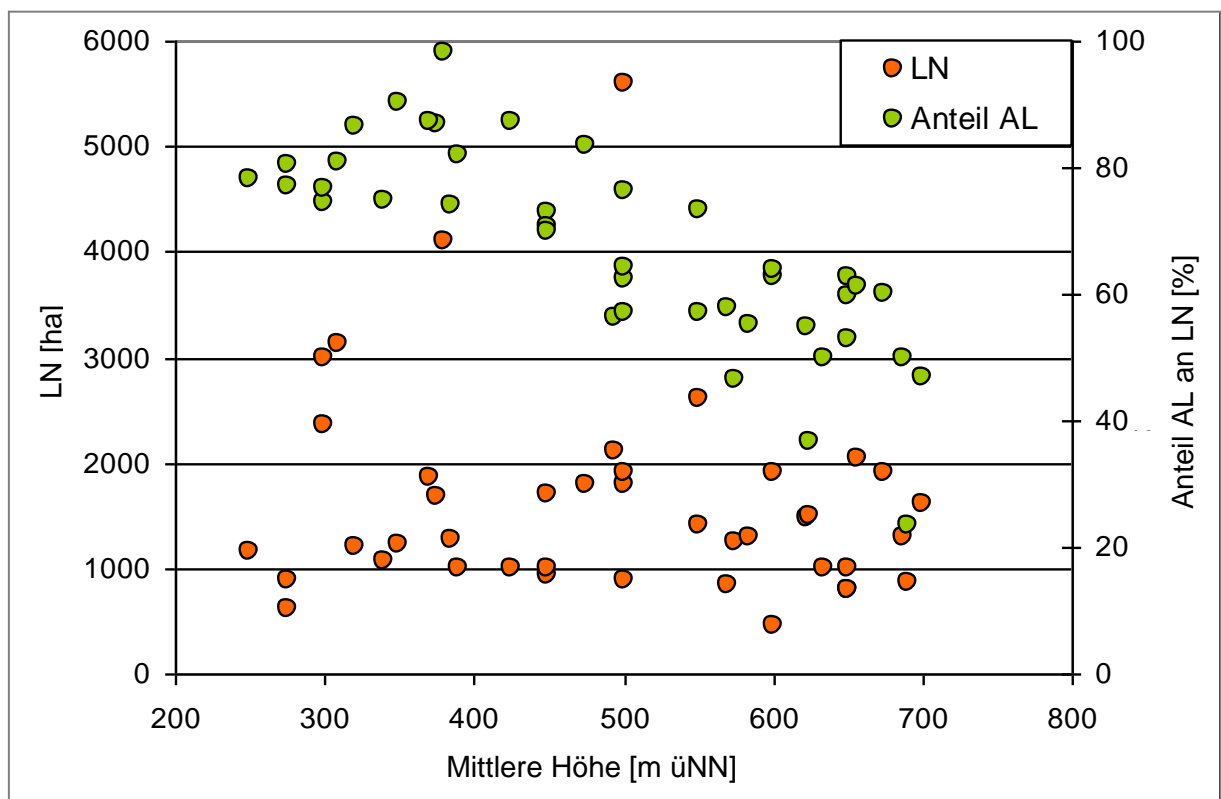


Abbildung 80: Bewirtschaftete landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) und Anteil des Ackerlandes (AL) nach Höhenlage (Mittelwert) (Daten eigene Erhebung)

Dies ist unter anderem auf die Abnahme der Bodenzahl mit steigender Höhenlage (Abbildung 81) aufgrund der sich dabei verschlechternden naturräumlichen Gegebenheiten zurückzuführen, wie zum Beispiel der Zunahme der Niederschläge, der Abnahme der Jahresdurchschnittstemperaturen und der Verkürzung der Vegetationsperiode (vgl. Kapitel 4.6 „Klima“). Dabei sind die oberen und teilweise mittleren Lagen des Untersuchungsgebietes durch so genannte Grenzertragsböden charakterisiert. Dies sind Flächen, die aufgrund ihrer niedrigen Ertragsfähigkeit und/oder ihrer Lage (Höhenlage, Steilhanglage, Lage in spät- und frühfrostdgefährdeten Geländeabschnitten) nicht mehr rentabel bewirtschaftet werden können (LESER et al. 1997).

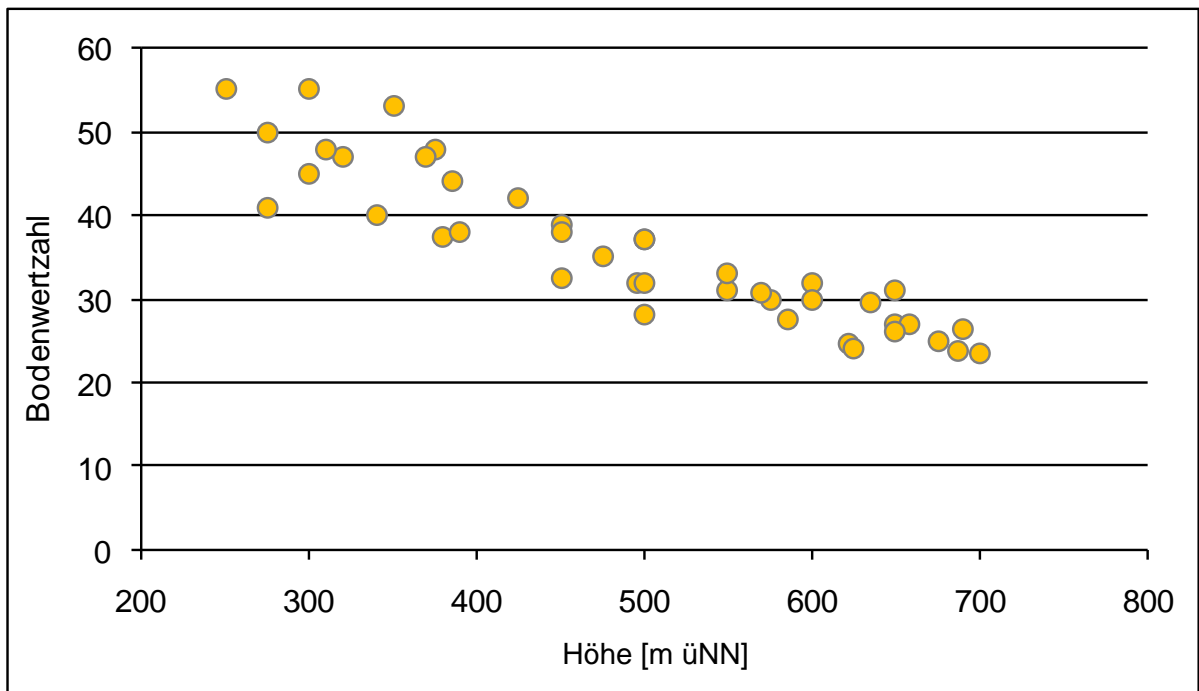


Abbildung 81: Bodenwertzahlen der befragten Betriebe nach Höhenlage (Mittelwert) (Daten eigene Erhebung) ( $r=-0.87^{***}$ )

Die Bodenzahl ergibt sich aus Bodenart, geologischer Herkunft des Bodens, Zustandstufe des Bodens, Klima und Relief und stellt ein Maß für die Ertragsfähigkeit des Bodens dar. Dabei handelt es sich um Verhältniszahlen (von 7 bis 100), wobei das Optimum bei einigen Schwarzerden der Magdeburger Börde liegt (BALDENHOFER 1999).

Die höchsten Bodenzahlen mit Werten über 50 weisen Betriebe der unteren Lagen auf, wogegen in den oberen Lagen Bodenzahlen von teilweise unter 30 zu verzeichnen waren.

Die Verteilung der mittleren bewirtschafteten Höhenlage der befragten Betriebe (Abbildung 82) zeigt, dass sowohl landwirtschaftliche Unternehmen der unteren (200-450 m üNN), mittleren (450-750 m üNN) als auch oberen Lagen (750-950 m üNN) des Erzgebirges (BERNHARDT & RICHTER 1995) in die Befragung einbezogen wurden. Dabei bewirtschaften



die tiefer gelegenen Betriebe Höhen bis 150 m üNN (Bannewitz bei Dresden und Nossen) und die am höchsten gelegenen Betriebe Flächen bis 850 m üNN (Zöblitz, Ansprung bei Annaberg-Buchholz).

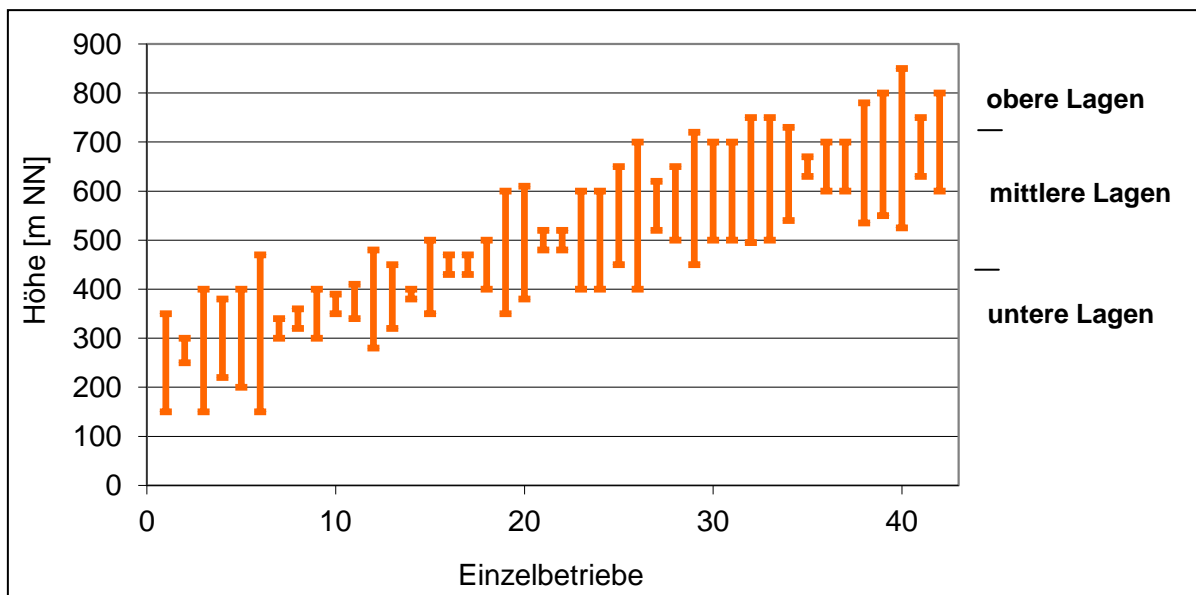


Abbildung 82: Bewirtschaftete Höhenlage nach Einzelbetrieb (Daten eigene Erhebung)

Bei der Darstellung in Abbildung 82 wird deutlich, dass es keinen befragten Betrieb gab, der ausschließlich in den oberen Lagen wirtschaftete, wogegen es zahlreiche Unternehmen gab, die nur die unteren Lagen nutzen. Die Spanne der Höhenlage variiert stark, es lagen teilweise bis zu 350 m Höhenunterschied zwischen höchster und unterster Fläche. Die Verteilung der Bewirtschaftungsspannen ist aber nicht von der Höhenlage abhängig. Auch die Betriebsgröße zeigt keinen Zusammenhang mit der Bewirtschaftungsspanne (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“)

Abbildung 83 stellt die Verteilung der Anteile an unterschiedlichen Hangneigungen in Klassen nach Schätzungen der befragten Betriebe dar.

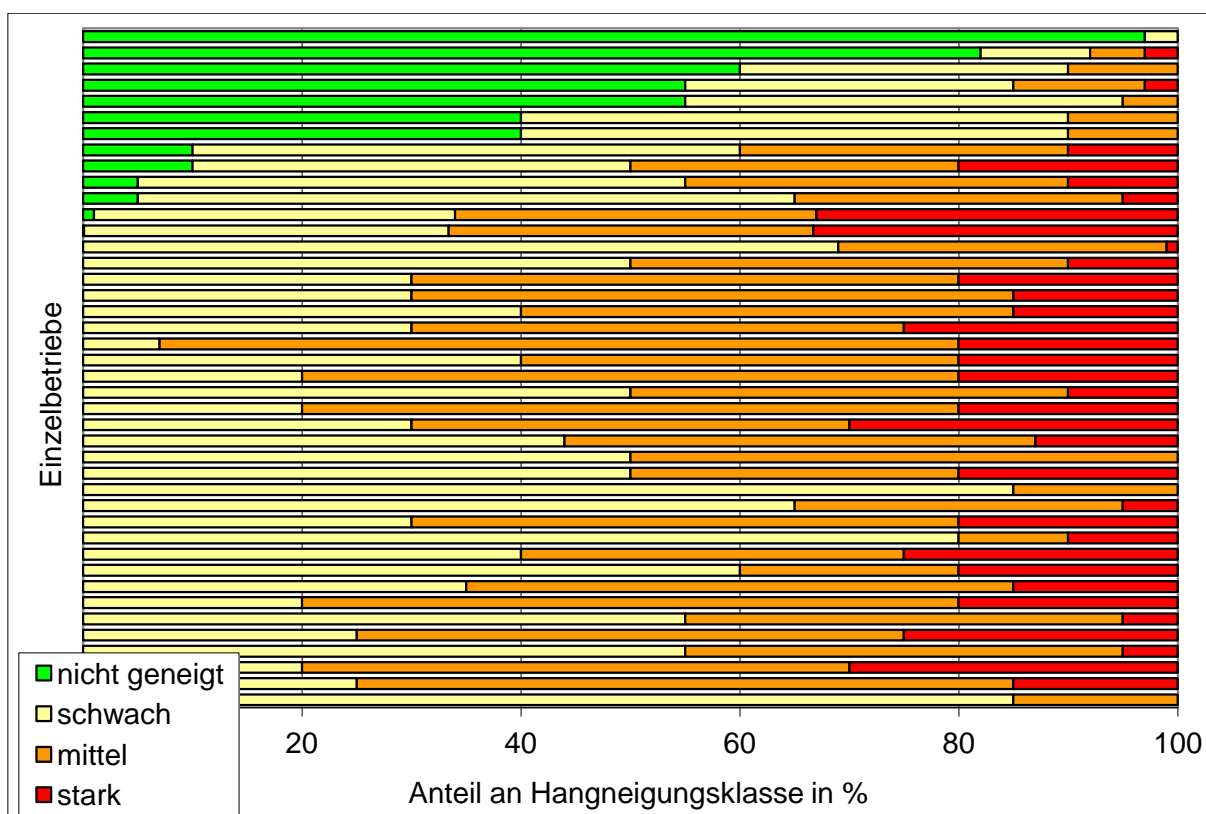


Abbildung 83: Verteilung der geschätzten Hangneigungen der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung)

Tabelle 47: Festgelegte Hangneigungsklassen der Befragung und durchschnittlicher Anteil der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung)

Hangneigungs- klasse	Hangneigung	Mittelwert, Standard- abweichung	Konfidenz- intervall	Spanne
flach	0-2°	11,0 ± 24,3	0-5	0-97
schwach	2-12°	40,9 ± 19,4	30-50	3-85
mittel	12-25°	35,0 ± 17,4	20-50	0-73
stark	> 25°	13,1 ± 8,9	5-20	0-33

Nur ein geringer Anteil der Betriebe im Untersuchungsgebiet bewirtschaftete nicht geneigte (11 % der befragten Betriebe) oder stark geneigte Flächen (13 % der befragten Betriebe). Der überwiegende Teil der bewirtschafteten Flächen war schwach oder mittel geneigt (Tabelle 47). Anhand des Konfidenzintervalls und der Spanne lässt sich aber erkennen, dass es teilweise große Unterschiede zwischen den Einzelbetrieben gab.

Auf Basis der Verteilung der bewirtschafteten Höhenlagen und Hangneigungen lässt sich ableiten, dass die einbezogenen Betriebe Flächen in allen charakteristischen Reliefeinheiten (Hang- und Talbereiche, Hochflächen) des Untersuchungsgebietes bewirtschaften und die Befragung in Bezug auf die Repräsentanz von Reliefeinheiten somit für das Untersuchungsgebiet als repräsentativ angesehen werden kann.

Die Auswertung der Art der Bodenbearbeitung zeigt, dass knapp die Hälfte der befragten Betriebe (19) ihre Ackerflächen bis zu 100 % konservierend bearbeiten (Abbildung 84), das heißt mittels pflugloser Bodenbearbeitung ohne Berücksichtigung von Mulch- oder Zwischensaat. Die Betriebsgröße, der Anteil des Ackerlandes, die Höhenlage und die Hangneigung zeigten keinen Zusammenhang mit dem prozentualen Flächenanteil, der konservierend bewirtschaftet wird (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“).

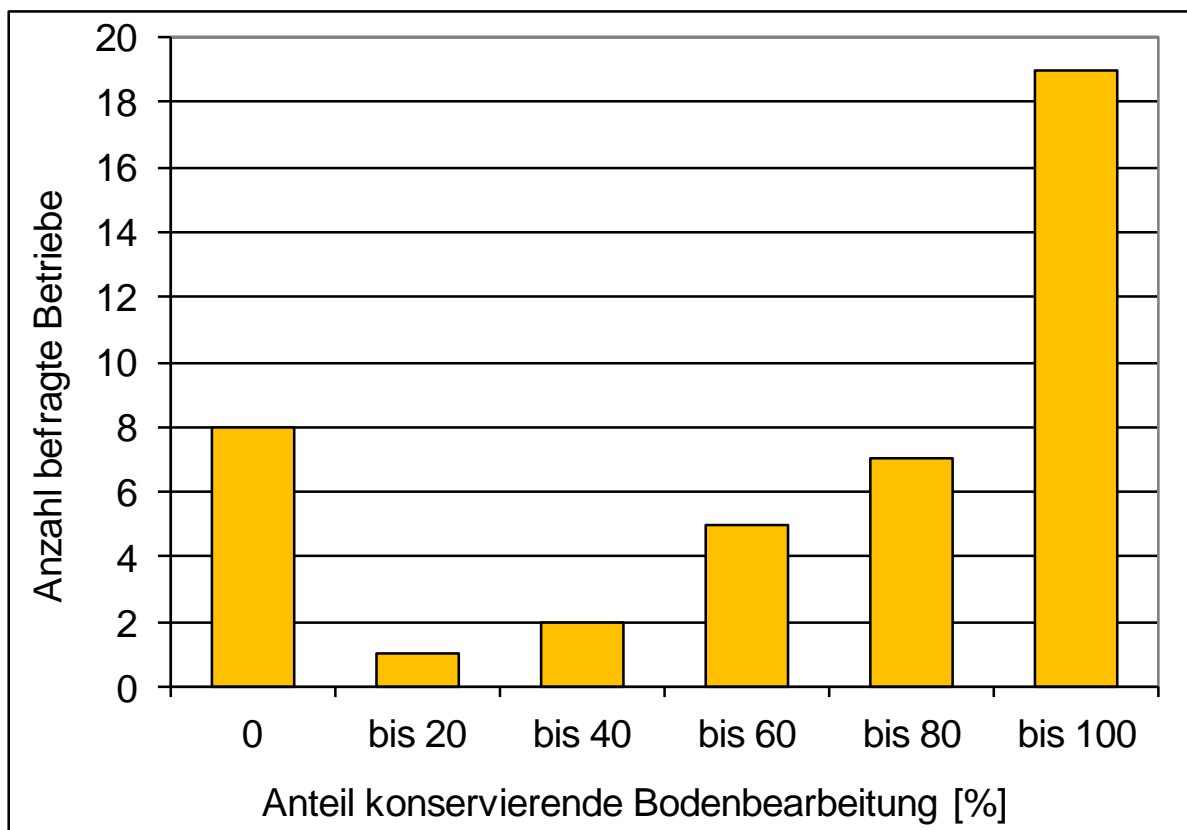


Abbildung 84: Anteil der konservierenden Bodenbearbeitung der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung)

#### 8.4.1.2 Teil 2 Hecken

##### 8.4.1.2.1 Aktuelle Heckenbestandssituation

Als Einstieg in die Heckenthematik des Fragebogens wurde eine Bestandsaufnahme der spezifischen Hecksituation des jeweiligen Betriebes vorgenommen. Dabei sollten die Interviewpartner die Anzahl der vorkommenden Hecken, deren Gesamtlänge, die ungefähre Breite und Höhe, den Heckentyp sowie das Alter schätzen. Besonders die Angaben zur Anzahl und Gesamtlänge der Heckenstrukturen fiel einigen der Befragten sehr schwer. Aufgrund des Fehlens exakter Zahlen erfolgt die folgende Darstellung und Auswertung der Ergebnisse der Anzahl- und Längenangaben unter Verwendung von Klassen.

Die Bestandsanalyse der Hecksituation im Untersuchungsgebiet weist in den Gebieten, in welchen die Landwirte eine sehr hohe Anzahl und Gesamtlänge von Heckenstrukturen

(Klassen 4 (Anzahl 51-100 Hecken, Gesamtlänge von 10.1 bis 25 km) und Klasse 5 (Anzahl >100 Hecken, Gesamtlänge über 25 km)) angaben, eine große Heckendichte aus. Des Weiteren lassen sich wie von den Interviewpartnern angegeben heckenarme Gebiete (keine Hecken, Klasse 1 (Anzahl 1-10 Hecken, Gesamtlänge 0,1 bis 1 km) besonders in den nördlichen Bereichen des Untersuchungsgebietes ausweisen. Die Ergebnisse der Auswertung der Heckenbestandssituation sprechen also für die Plausibilität der erhobenen Daten. Eine genaue Kontrolle der Schätzwerte ist leider nicht möglich, da die Abgrenzungen der bewirtschafteten Flächen der einzelnen Betriebe nicht vorliegen.

Die am höchsten besetzte Klasse der befragten Betriebe (12) hat zwischen 1 und 10 Hecken auf ihren bewirtschafteten Flächen, nur zwei der befragten Unternehmen wiesen keine Hecken auf (Abbildung 85). Bei den Angaben zur Länge gaben 11 Unternehmen eine Gesamtlänge von bis zu 25 km an.

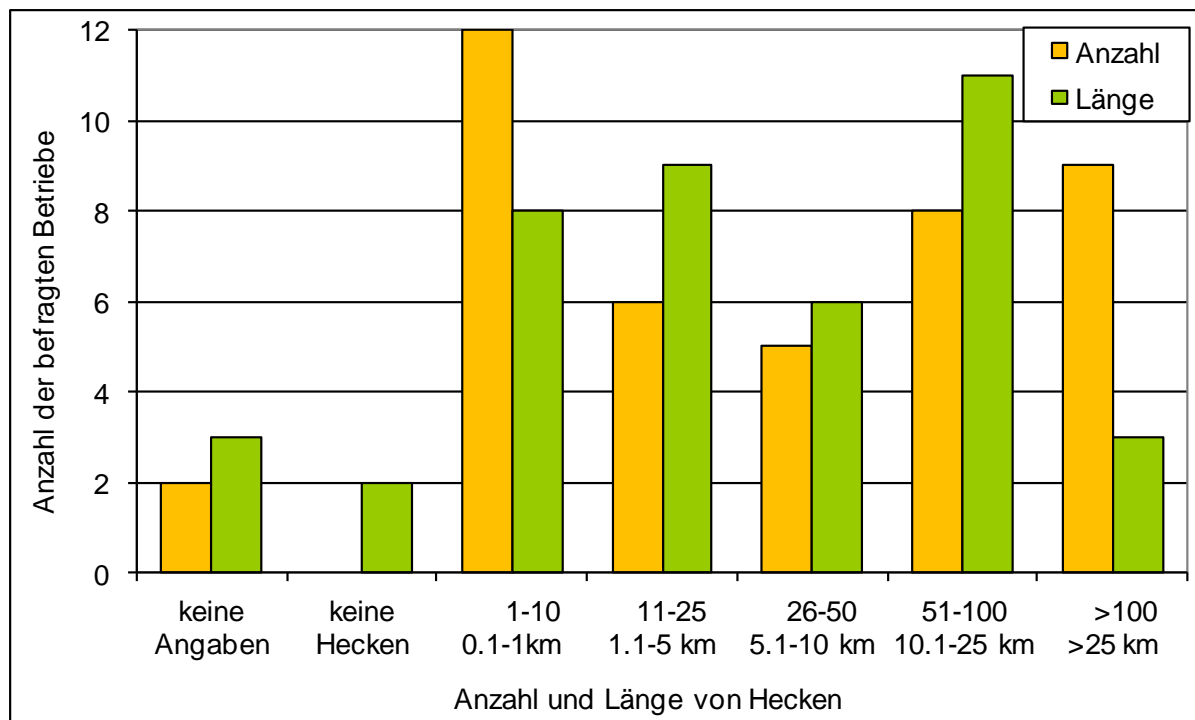


Abbildung 85: Verteilung der Hecken (Istzustand) nach Anzahl in Stück und Gesamtlänge in km der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung)

Beachtet werden muss, dass mit steigender Betriebsgröße nach landwirtschaftlicher Nutzfläche auch die Anzahl und die Gesamtlänge an Hecken anstieg, wobei die Höhenlage keinen Zusammenhang mit Anzahl oder Gesamtlänge von Heckenstrukturen aufwies (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“).

Die Auswertung der Höhe und Breite in Abbildung 86 zeigt, dass die bestehenden Strukturen vieler Betriebe eine Breite von 8 bis zu 10 m (16) und eine Höhe von 10 bis zu 15 m (18)

aufweisen. Es besteht kein Zusammenhang zwischen den Breiten- und Höhenangaben pro Hecke (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“). Die Betriebe mit mehr landwirtschaftlicher Nutzfläche gaben im Allgemeinen höhere Breiten für die bestehenden Strukturen an ( $r=0.37^*$ ), ein Zusammenhang mit der mittleren Höhenlage konnte nicht nachgewiesen werden. Betriebe, die in größeren Höhenlagen wirtschaften, gaben jedoch eine größere Höhe ihrer bestehenden Strukturen ( $r=0.38^*$ ) und einen höheren Anteil an reinen Baumhecken ( $r=0.48^{**}$ ) an. Somit sollte in den höheren Lagen der Anteil der Bäume in den Hecken größer sein. Dies ließ sich leider mit den erhobenen Daten zum Heckentyp nicht nachweisen (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“). Da es sich in den höheren Lagen meist um historische Lesesteinhecken handelt, in denen durch fehlende Pflegemaßnahmen in den letzten Jahrzehnten die Bäume durchgewachsen sind, erscheint dieser Zusammenhang plausibel.

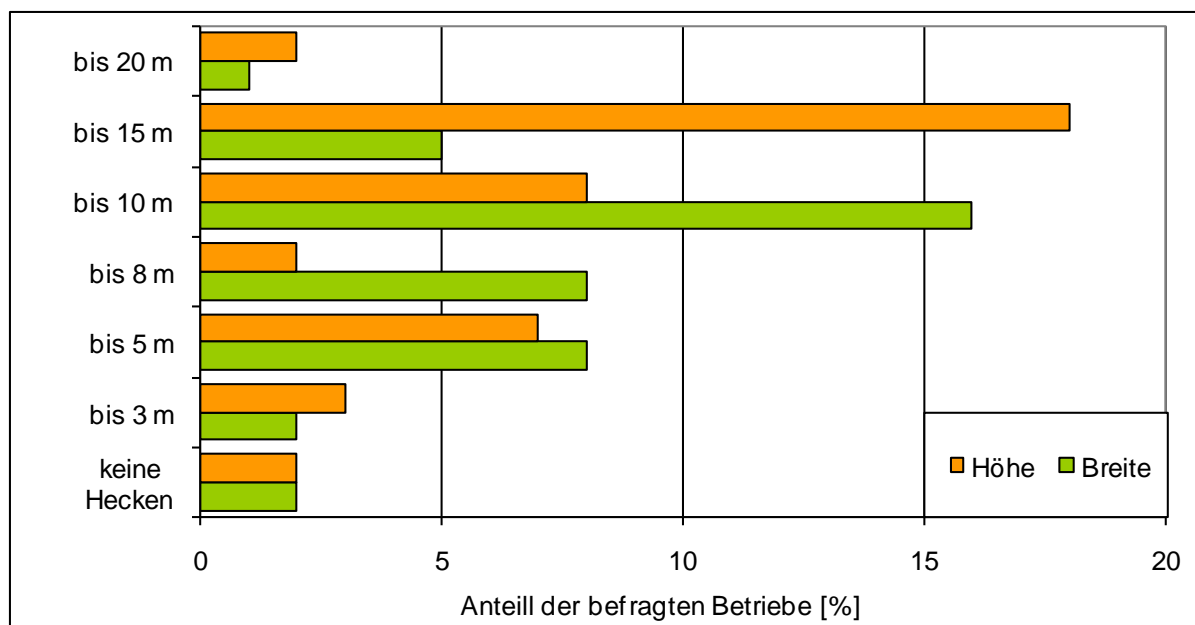


Abbildung 86: Breite und Höhe der Hecken (Istzustand) der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung)

Die Verteilung der Hecken auf Heckentypen (Strauch-, Baum-, und Strauch-Baumhecken) zeigt, dass im Untersuchungsgebiet vor allem Strauch-Baumhecken vorkommen (Abbildung 87). Zusammenhänge zwischen der Verbreitung von Heckentypen und der Höhenlage konnten nicht nachgewiesen werden (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“). Für Betriebe, die einen hohen Anteil an Baumhecken aufwiesen, wurden auch durchschnittlich höhere maximale Heckenhöhen angegeben, was für die Plausibilität der erhobenen Daten spricht.

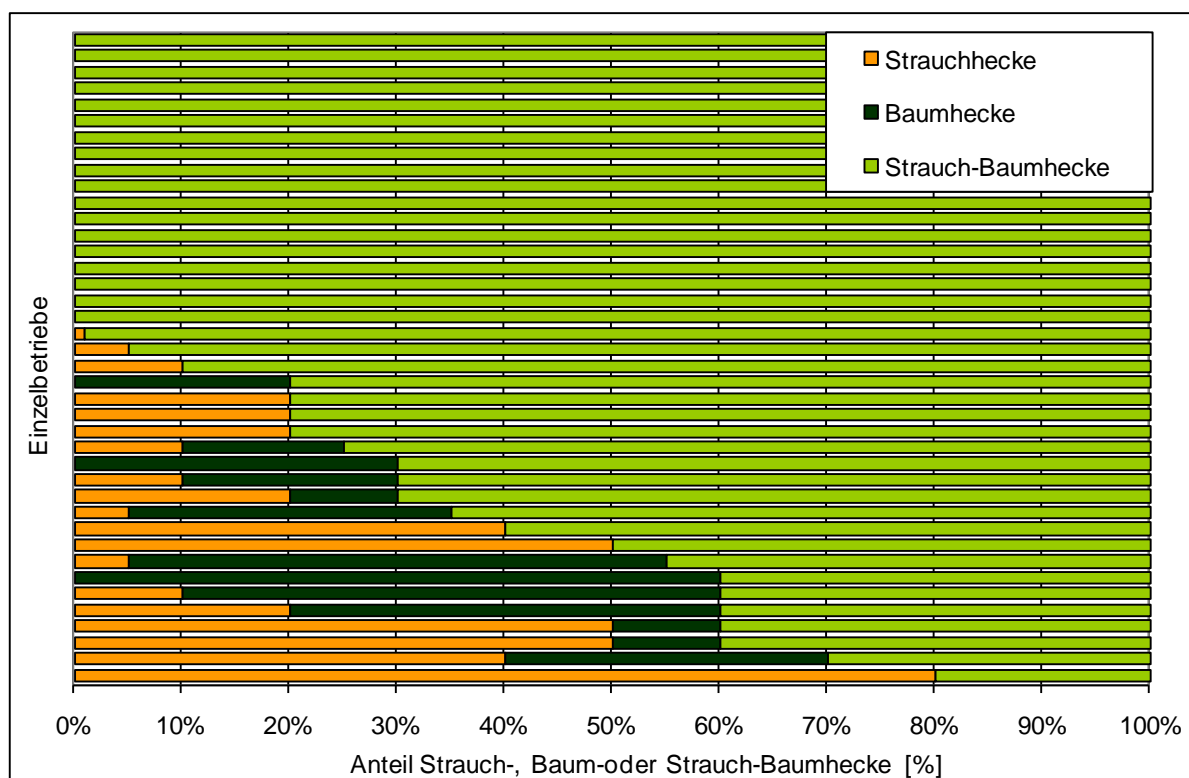


Abbildung 87: Verteilung der Heckentypen nach Strauch-, Baum- und Strauch-Baumhecke der befragten Betriebe in % (Daten eigene Erhebung)

Eine Einordnung der bestehenden Heckenstrukturen nach dem Alter (alte historische Hecken, gepflanzt zwischen 1900 und 1989, seit 1990 gepflanzt) zeigt Tabelle 48.

Im Untersuchungsgebiet kamen Hecken aus allen Altersgruppen vor. In den Betrieben, die in den oberen und mittleren Lagen wirtschaften, kamen mehr historische Hecken auf Lesesteinwällen vor, was die Entwicklungsgeschichte des Ackerbaues im Erzgebirge und die Entstehung der so genannten Waldhufen widerspiegelt. Zwischen 1900 und 1989 wurden Hecken vor allem aus Gründen des Schutzes vor Bodenerosion durch Wind oder Wasser planmäßig angelegt (vgl. Kapitel 5 „Entwicklung und Verbreitung von Hecken im Erzgebirge“).

Tabelle 48: Altersverteilung der Hecken (Istzustand) der befragten Betriebe (Daten eigene Erhebung)

Alter	Anzahl an Betrieben
alte historische Hecken meist auf Lesesteinwällen	28
Hecken gepflanzt zwischen 1900 und 1989	32
Hecken gepflanzt seit 1990	31

Nach Auskunft der Befragten können sich 22 der 42 Betriebe (52% aller befragten Betriebe) vorstellen, in den nächsten Jahren weitere Hecken zu pflanzen.

Die genannten Gründe für weitere Heckenpflanzungen in der Zukunft wurden den Beweggründen für seit 1990 vorgenommenen Heckenpflanzungen gegenübergestellt (Abbildung 88). Dabei wird deutlich, dass vor allem Erosionsschutzgründe und ökologische Belange ausschlaggebend für die Pflanzung von Hecken waren und sind.

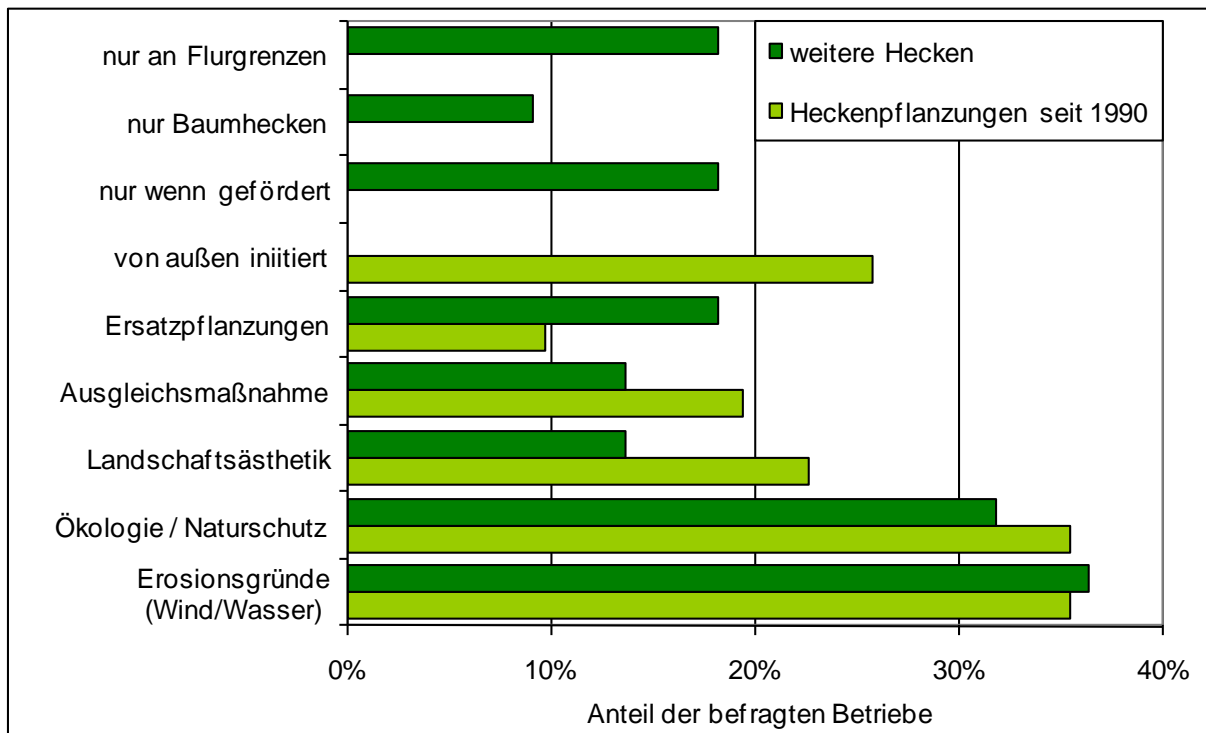


Abbildung 88: Gründe für Heckenpflanzungen seit 1990 (n=31) weitere Heckenpflanzungen in der Zukunft (n=22) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung)

Auffällig ist auch der relativ hohe Prozentsatz der von außen initiierten Heckenpflanzungen durch den Eigentümer der Flächen oder den Landschaftspflegeverband (26 % aller befragten Betriebe) und der Pflanzungen im Zuge von Ausgleichsmaßnahmen (19 % aller befragten Betriebe) besonders im Bereich der neu gebauten Autobahn A17 von Dresden nach Prag.

Betrachtet man die Motive für die Ablehnung von weiteren Heckenpflanzungen, so sind dies insbesondere das Vorhandensein zahlreicher Heckenstrukturen und das Problem der Schaffung von weiteren Bewirtschaftungshindernissen (Abbildung 89).

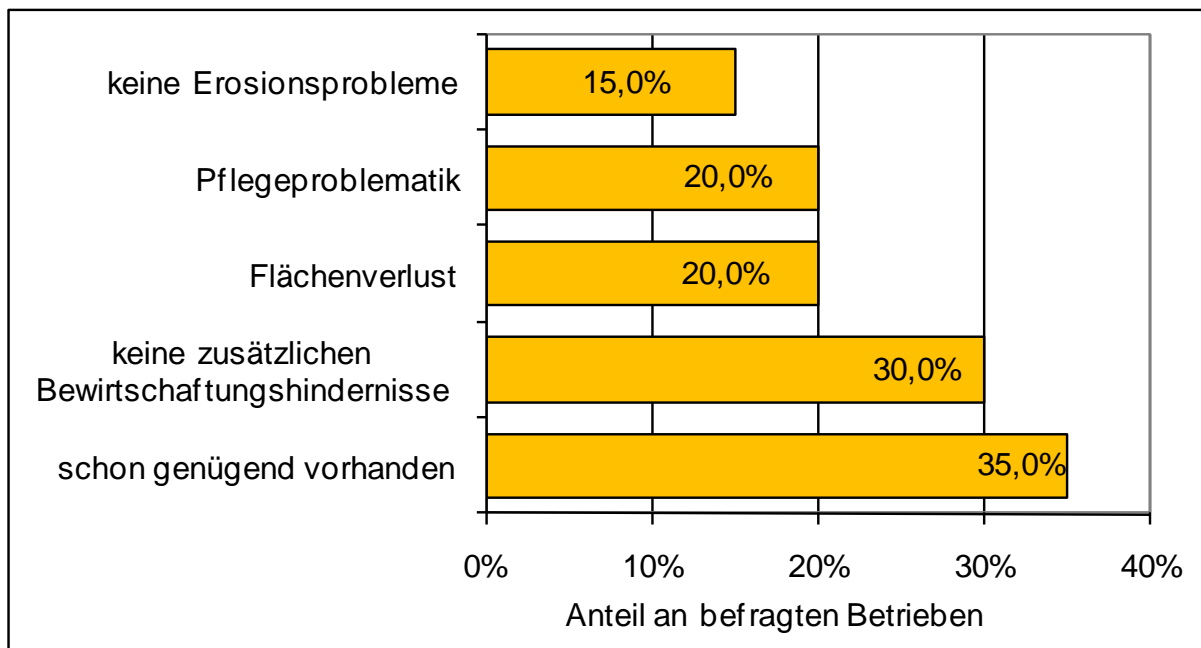


Abbildung 89: Beweggründe für die Ablehnung weiterer Heckenpflanzungen (n=20) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung)

#### 8.4.1.2.2 Probleme

Abbildung 90 stellt die Ergebnisse der Befragung zu Problemen mit bestehenden Heckenstrukturen, den Vorteilen und eventuell entstehenden Ernteverlusten gegenüber. Dabei wird deutlich, dass zwar über 60 % der befragten Betriebe einen Vorteil in der Pflanzung von Hecken sieht, der Großteil aber über vielfältige Probleme (75 % aller befragten Betriebe) und Ernteverluste (78 % aller befragten Betriebe) klagt. Als der entscheidende Vorteil von Heckenpflanzungen (93 % aller befragten Betriebe) werden die Verminderung oder völlige Vermeidung von Bodenerosion durch Wind und/oder Wasser angegeben. Die zu erzielenden Vorteile scheinen aber die allgemeinen Probleme und den Ernteverlust nicht aufwiegen zu können.



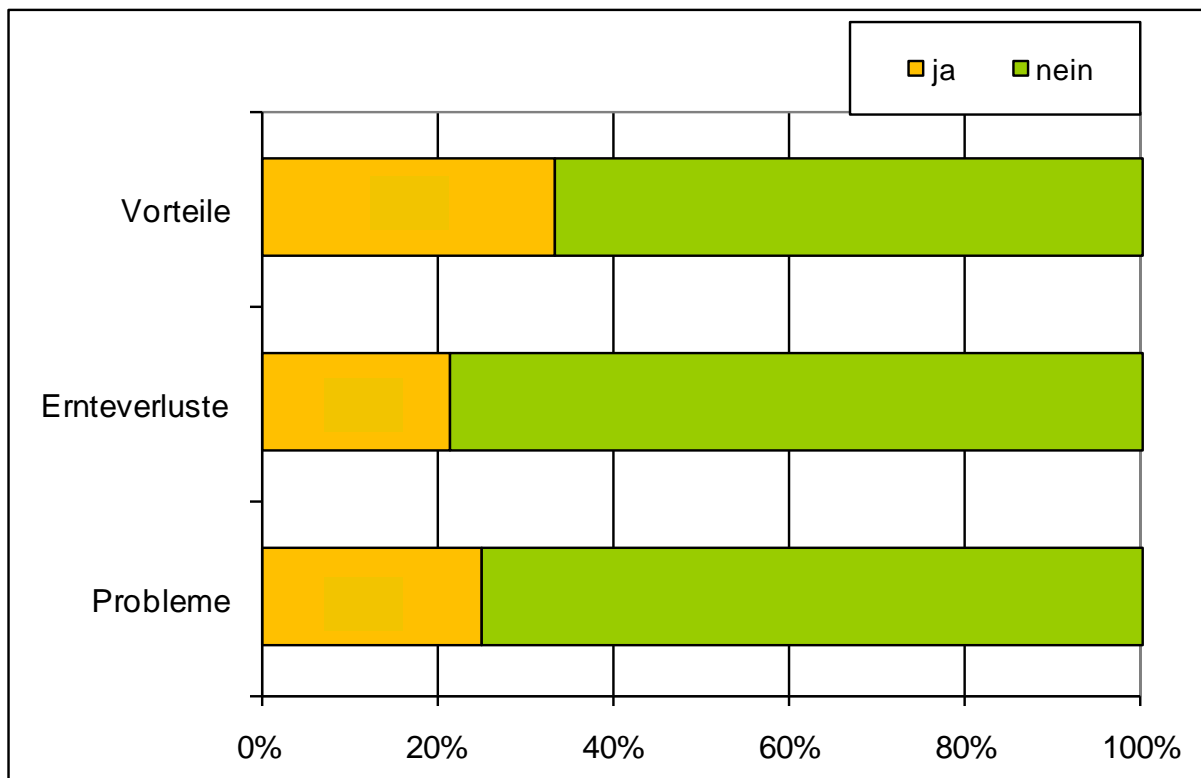


Abbildung 90: Aussagen der befragten Betriebe zu Problemen von bestehenden Hecken (n=40), Vorteilen und Ernteverlusten (n=42) (Daten eigene Erhebung)

Die genauere Untersuchung der Probleme und der Vergleich zwischen den konkreten Problemen mit bestehenden Heckenstrukturen und der Problematik der Hecken im Allgemeinen zeigt, dass die Heckenpflege (67 % aller befragten Betriebe) von den befragten Unternehmen als das größte Problem angesehen wird (Abbildung 91). Weitere Problemfelder waren die Schaffung zusätzlicher Bewirtschaftungshindernisse und der Flächenverlust. Überraschenderweise spielen Ernteverluste durch Wasser- und Nährstoffentzug, sowie Beschattung und Schneeablagerungen mit 30 % beziehungsweise 21 % nur eine untergeordnete Rolle.

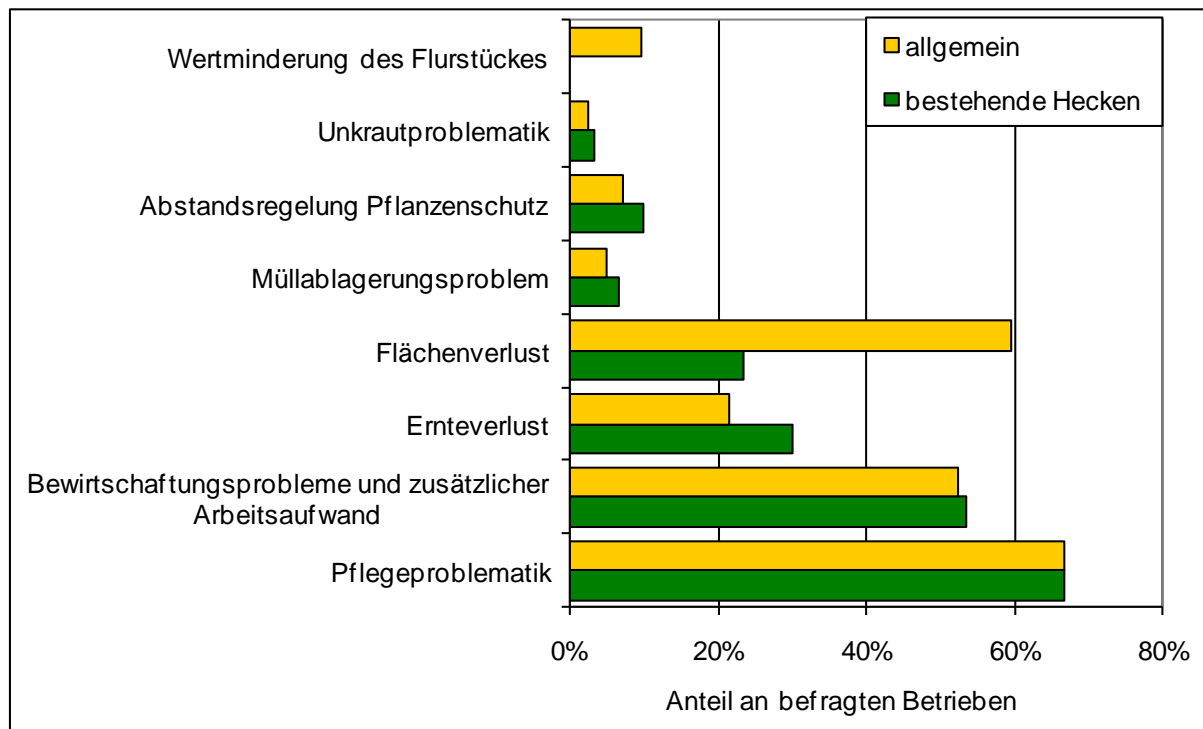


Abbildung 91: Vergleich der Probleme mit bestehenden Hecken (n=40) und der Heckenproblematik im Allgemeinen (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung)

Betrachtet man nämlich den von den Betrieben angegebenen maximal zu erwartenden Ernteverlust im unmittelbar von der Hecke beeinflussten Bereich (Abbildung 92), so geben 34 % (14) der Unternehmen einen Wert von über 50 % an. In der Literatur werden die Ernteverluste oder –gewinne immer auf die Gesamtfläche bezogen (vgl. Kapitel 8.1 „Diskussion der Vor- und Nachteile von Hecken in der Agrarlandschaft“). Da eine solche Angabe von den befragten Landwirten als nicht abschätzbar angesehen wurde, sollten sie den maximal zu erwartenden Ernteverlust in der so genannten Verlustzone im Einflussbereich der Hecken abschätzen. Im Gegensatz zu den in der Literatur angegebenen Werten erwarteten die wenigsten der Landwirte einen Mehrertrag bezogen auf die Gesamtfläche. Insgesamt gaben nur zwei Betriebe einen Ausgleich des Ernteverlustes im unmittelbaren Leebereich durch einen gestiegenen Ertrag auf der übrigen Fläche an. Die erhebliche Höhe des geschätzten zu erwartenden Ernteverlustes ist eventuell auf die naturräumlichen Besonderheiten des Erzgebirges mit hohen Jahresniederschlagsmengen, geringen Temperaturen, einer verkürzten Vegetationsperiode und erhöhtem Schneefall zurückzuführen. RICHTER (1960) verweist aber auf ein geringes Ausmaß der Ertragsminderung durch den Einfluss der Gebirgshecken im Erzgebirge. Deshalb werden die von den Landwirten angegebenen Zahlen sicherlich als zu hoch eingeschätzt und die Gesamtsituation der Nachteile durch Hecken ist wahrscheinlich von den Landwirten überschätzt worden.

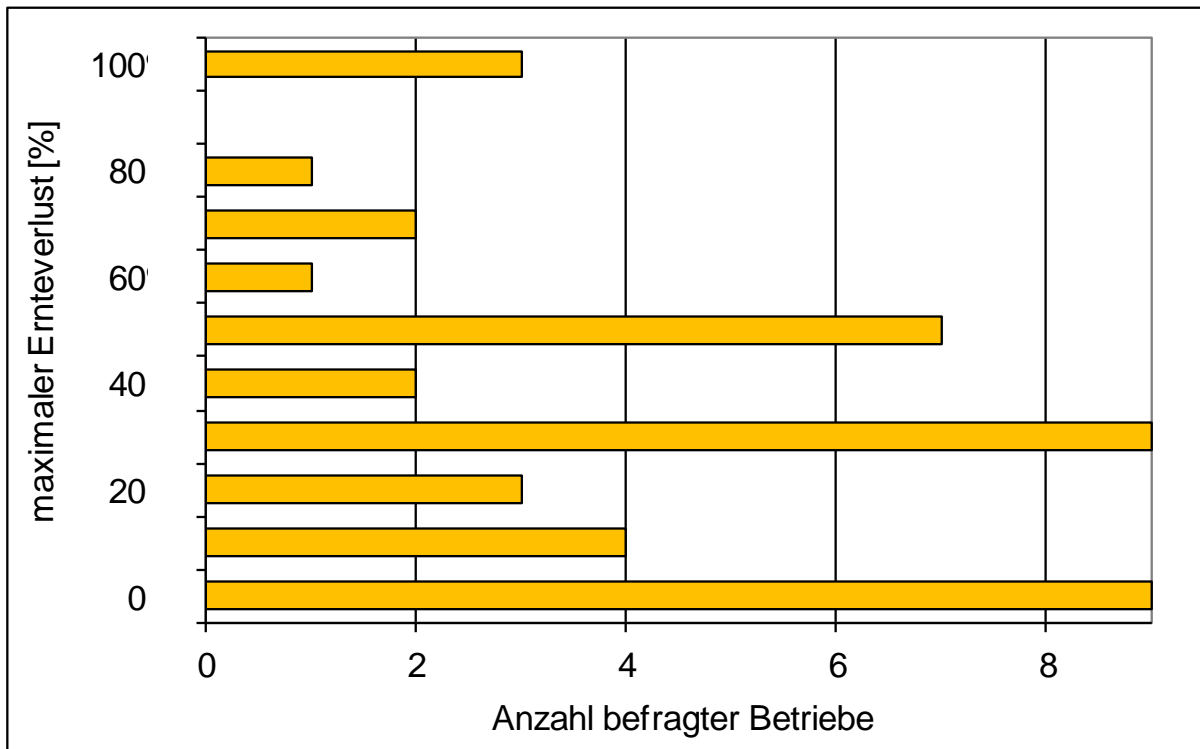


Abbildung 92: Angaben zur maximalen Höhe der zu erwartenden Ernteverluste im von der Hecke direkt beeinflussten Bereich (n=41) (Daten eigene Erhebung)

Die Höhenlage, die Bodenzahl sowie die Breite und Höhe der bestehenden Strukturen zeigten keine statistischen Zusammenhänge mit den Angaben zur Höhe des zu erwartenden Ernteverlustes (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“).

Als einer der Hauptgründe für Ernteverluste im unmittelbaren an die Hecken angrenzenden Bereich wird der Entzug von Wasser- und Nährstoffen (84 % aller befragten Betriebe) durch in der Hecke vorkommende Bäume angegeben (Abbildung 93). Dabei spielte nach Auffassung der Befragten der Entzug von Wasser eine größere Rolle (21 Betriebe) als die Nährstoffkonkurrenz (12 Betriebe). Als weiterer wichtiger Einflussfaktor (74 % aller befragten Betriebe) wurde die Beschattung durch vor allem große Bäume genannt (Abbildung 93).

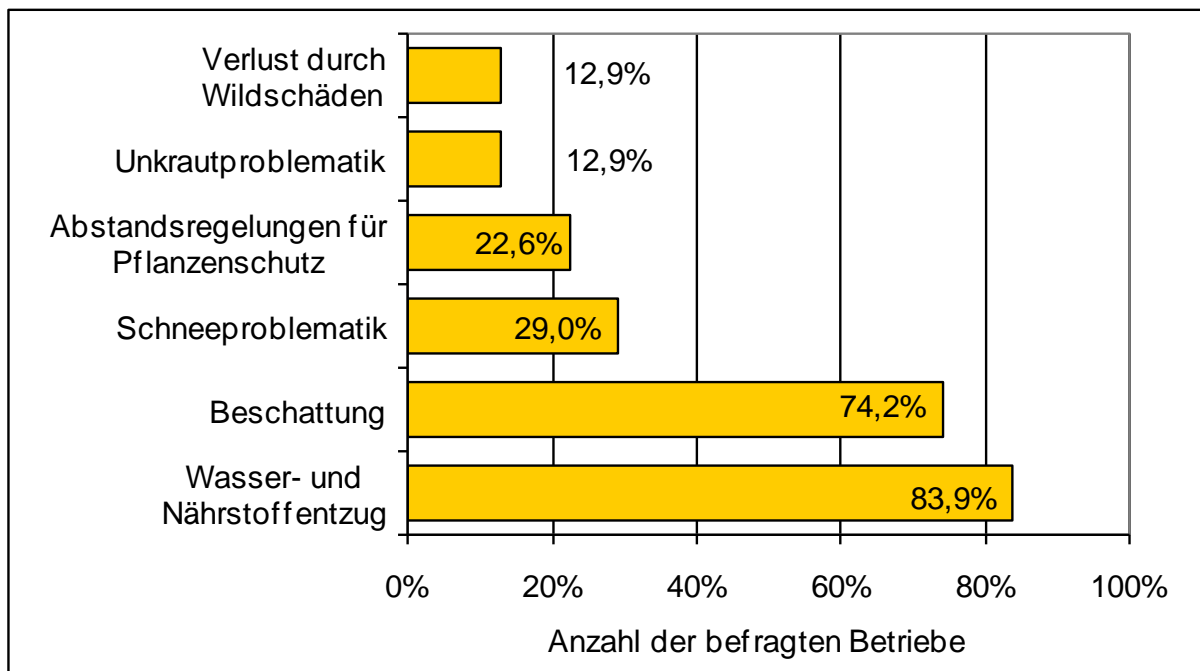


Abbildung 93: Gründe für Ernteverluste (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung)

#### 8.4.1.2.3 Präferenzen bei zukünftigen Heckenpflanzungen

In diesem Abschnitt des Fragebogens sollten Präferenzen bei zukünftigen Heckenpflanzungen herausgearbeitet werden.

Ein Schwerpunkt ist der aus landwirtschaftlicher Sicht vorstellbare oder vertretbare Minimalabstand zwischen zwei Heckenstrukturen. Insgesamt können sich 42 % der befragten Betriebe einen Heckenabstand von 100 m vorstellen (Abbildung 94). Für einige der Interviewpartner war eine Pauschalaussage zum Minimalabstand nicht möglich, da dies maßgeblich von den gebietsspezifischen Gegebenheiten wie Schlagform und Schlaggröße abhängig wäre.

Zum aktuellen Heckenabstand oder zu durchschnittlichen Schlaggrößen wurde keine Erhebung durchgeführt. Die Bestandsanalyse der Heckenstrukturen im Untersuchungsgebiet gibt aber Auskunft über den minimalen Abstand einer Hecke zur nächststehenden Heckenstruktur. Dabei wurde festgestellt, dass viele Hecken in weniger als 100 m einen nächsten Nachbarn aufweisen. In dichten Heckengebieten wie um Annaberg-Buchholz und Glashütte wird dies erheblich unterschritten und Werte von 30 - 40 m erreicht. Die minimal vorstellbaren Heckenabstände, die von den Landwirten angegeben wurden, spiegeln teilweise die Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet wieder.

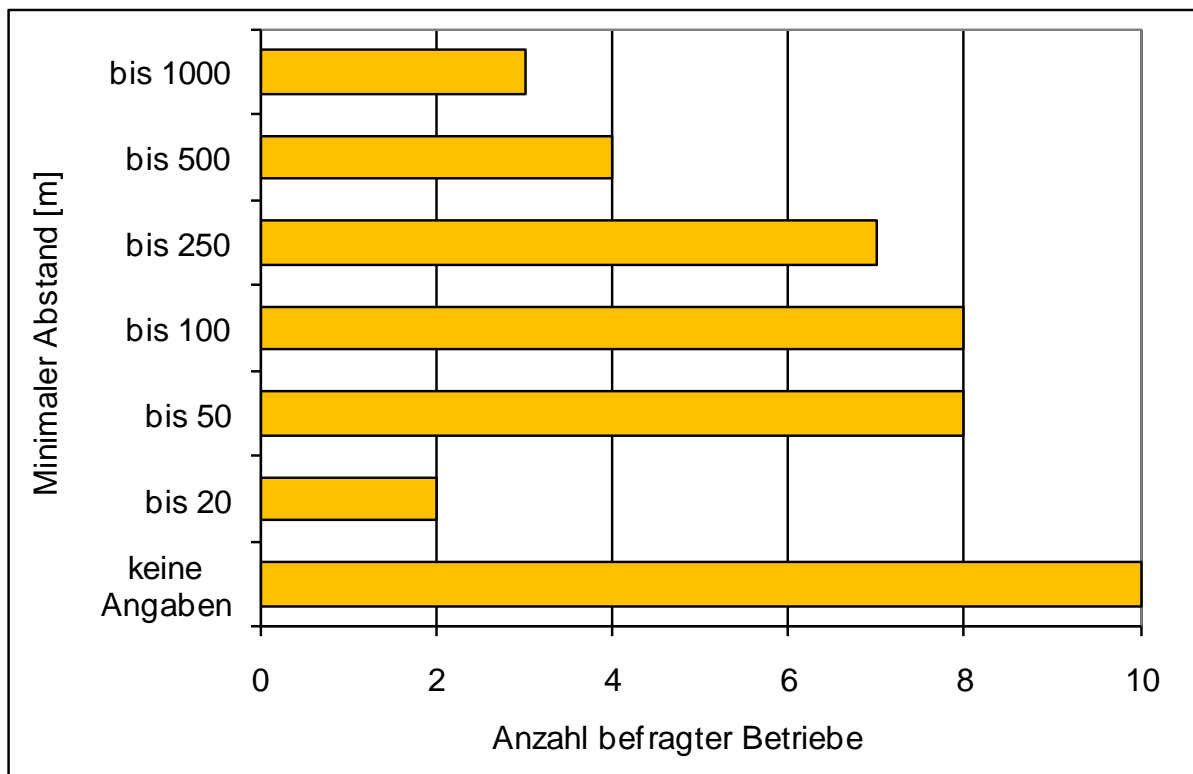


Abbildung 94: Aussagen zum minimal vorstellbaren Abstand zwischen zwei Heckenstrukturen (Daten eigene Erhebung)

Allerdings zeigten die bestehende Heckensituation, die Betriebsgröße nach landwirtschaftlicher Nutzfläche, die Bodenzahl und die Höhenlage keinen signifikanten Zusammenhang mit den Angaben zum vorstellbaren Minimalabstand (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“). Nur der Anteil an Ackerland zeigte einen leicht signifikanten Zusammenhang ( $r=0.30^{(*)}$ ), so dass die Betriebe mit einem höheren Anteil an Ackerland einen größeren Abstand bevorzugen würden.

Der meist genannte Grund für eine bestimmte Angabe zum Minimalabstand waren technische Beweggründe (52 % aller befragten Betriebe) wie Arbeitsbreiten und Wenderadien von landwirtschaftlichen Maschinen (Abbildung 95).

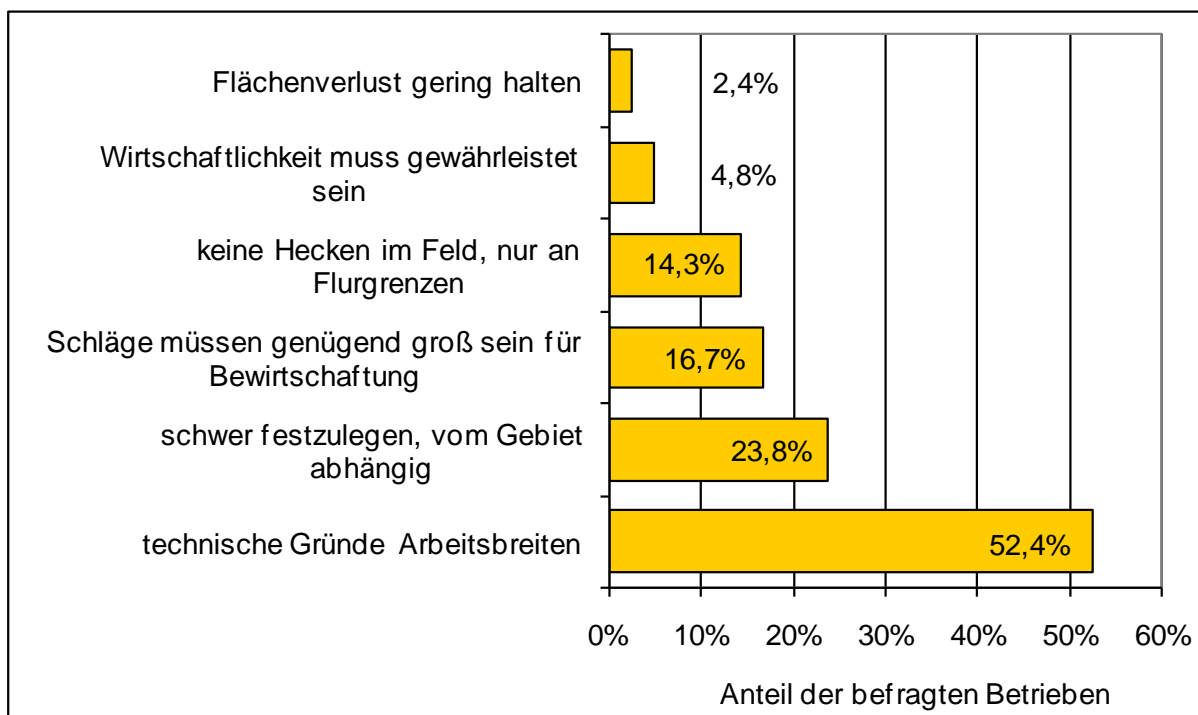


Abbildung 95: Gründe für die Angabe von Minimalabständen zwischen zwei Heckenstrukturen (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung)

Ein Vergleich der Ist-Situation der Heckenbreiten mit der vorstellbaren Maximalbreite (Abbildung 96) zeigt, dass etwa die Hälfte der befragten Betriebe (48 % aller befragten Betriebe) sich eine maximale Heckenbreite von 8 m vorstellen könnte. Dagegen geben 71 % der Landwirte Heckenbreiten von über 8 m als derzeit bestehende Breite an. Daraus lässt sich ableiten, dass die meisten Betriebe die bestehenden Heckenstrukturen als zu breit empfinden. Für einen Teil der Unternehmen (24 % aller befragten Betriebe) war die vorstellbare maximale Heckenbreite gebietsabhängig oder spielte keine wesentliche Rolle, weshalb sie keine Angaben machen konnten. Ein Zusammenhang zwischen der maximal vorstellbaren Breite und der Höhenlage besteht nicht (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“). Weitere potentielle Einflussfaktoren auf die Angaben zur maximal vorstellbaren Heckenbreite sind in Kapitel 8.4.2 „Potenzielle Zusammenhänge zwischen erhobenen Parametern“ dargestellt.

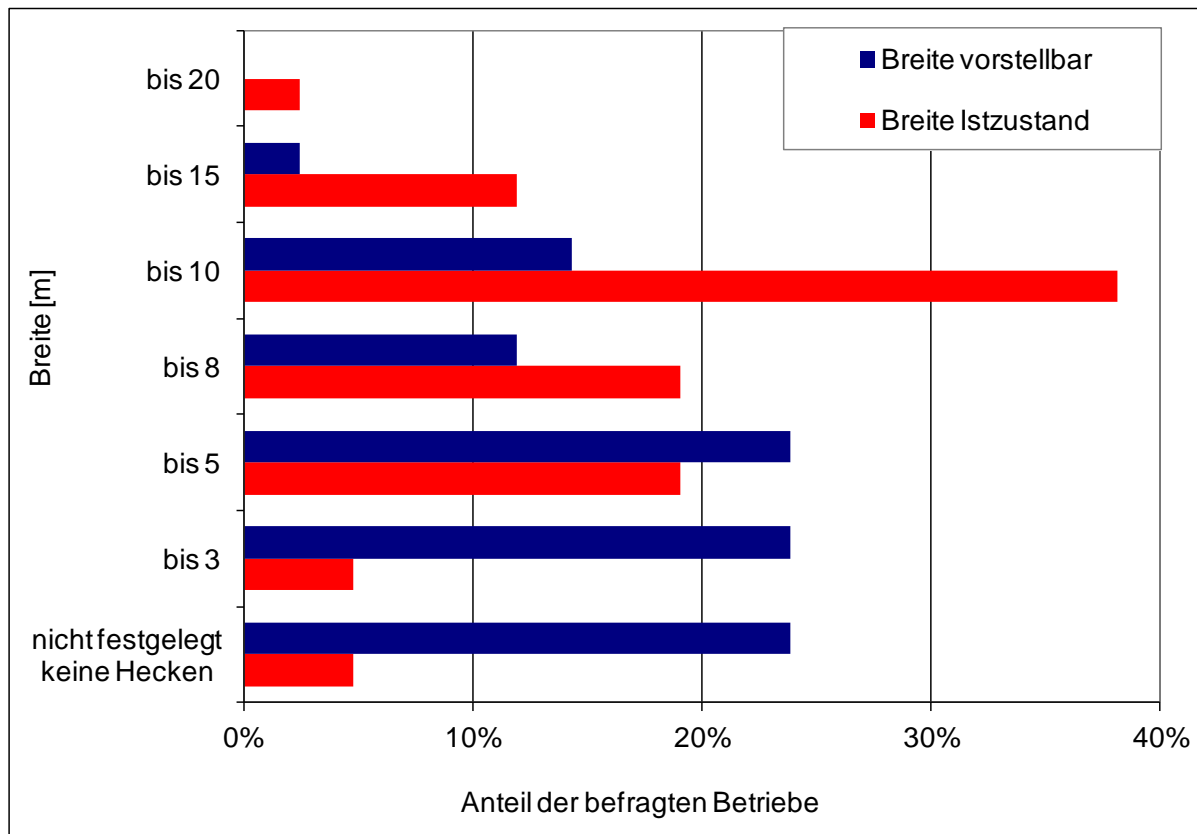


Abbildung 96: Vergleich der Heckenbreite (Istzustand) und der maximal vorstellbaren Breite (n=42) (Daten eigene Erhebung)

Die häufigsten Gründe für die Festlegung bestimmter Heckenbreiten waren die „Vermeidung von Flächen- und Ernteverlusten“ (24 % aller befragten Betriebe), eine „ausreichende Breite je nach Funktionalität schaffen“ (Naturschutz, Erosions- oder Windschutz) (21 % aller befragten Betriebe) und die „Gewährleistung der Pflege“ (17 % aller befragten Betriebe) (Abbildung 97).

Um Aussagen über potentielle Heckendichten und -verteilungen zu erhalten, wurde ein Beispiel mit zwei zur Auswahl stehenden Szenarien konstruiert: Der Interviewpartner sollte zwischen vier 5 m breiten Hecken oder einer 20 m breiten Hecke wählen und die getroffene Entscheidung begründen. Über 60 % der Landwirte bevorzugten eine Heckenstruktur von 20 m Breite (Tabelle 49). Hauptgrund für diese Entscheidung war die geringere Zerschneidung der Schläge und die demzufolge einfachere Bewirtschaftung mit großer Landtechnik. Die Betriebe, die sich für vier 5 m breite Hecken aussprachen, taten dies größtenteils aus naturschutzfachlichen Überlegungen oder aus Erosionsschutzgründen.

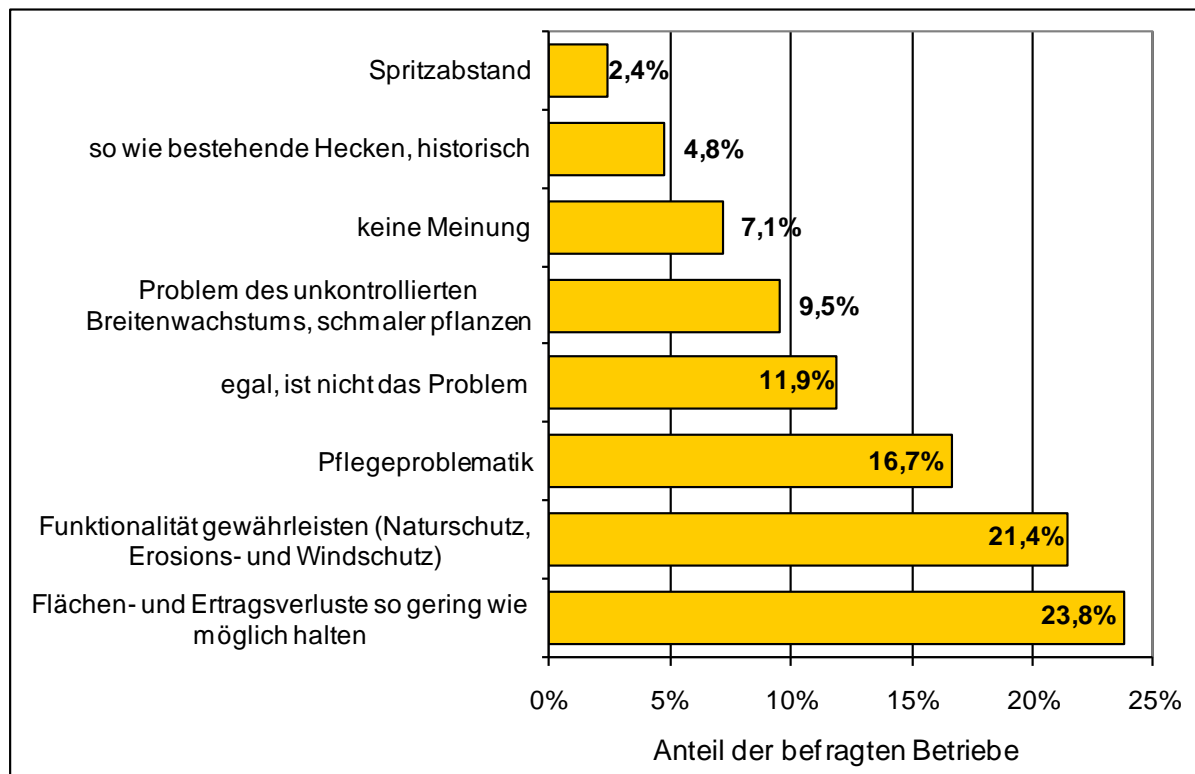


Abbildung 97: Gründe für die Angabe von maximalen Breiten von Heckenstrukturen (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung)

Tabelle 49: Angaben zur Heckendichte / -verteilung und bevorzugte Flächennutzung für Heckenpflanzungen (n=42) (Daten eigene Erhebung)

Heckendichte / -verteilung	Anteil der befragten Betriebe	bevorzugte Flächennutzung	Anteil der befragten Betriebe
4 x 5 m	28,6 %	Grünland	64,3 %
1 x 20 m	61,9 %	Ackerland	23,8 %
keine Angaben	9,5 %	nicht festgelegt	4,8 %
		keine Hecke	7,1 %

Die bevorzugte Flächennutzung für die Anlage einer Hecke war Grünland (Tabelle 50), wobei der im Betrieb vorhandene Anteil an Ackerland oder Grünland keine Rolle spielte (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“). Gründe für diese Entscheidung (Tabelle 50) waren die Einschätzung, dass Ackerland zu wertvoll ist, um einen Flächenverlust zu akzeptieren, die Bewirtschaftung auf dem Grünland einfacher und mit geringerem Technikeinsatz zu bewerkstelligen ist und der zu erwartende Ernteverlust auf dem Grünland nicht so ins Gewicht fällt. Die Landwirte, die eine Pflanzung auf Ackerland bevorzugen würden, präferieren dies aus Erosionsschutzgründen oder zur Steigerung der Landschaftsästhetik und Biodiversität, da es als besonders wichtig erachtet wird, gerade im monotonen Ackerland zusätzliche Strukturen zu schaffen.



Tabelle 50: Beweggründe für die bevorzugte Flächennutzung bei der Anlage einer Hecke (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung)

<b>Grünland (n=27)</b>	<b>Ackerland zu wertvoll</b>	<b>einfachere Bewirtschaftung, weniger Technikeinsatz</b>	<b>geringerer Ernteverlust</b>
	18 (66,7 %)	9 (33,3 %)	3 (11,1 %)

<b>Ackerland (n=10)</b>	<b>Erosionsgründe</b>	<b>notwendig Strukturen zu schaffen</b>	
	9 (90,0 %)	3(30,0 %)	

Bei der bevorzugten Position der Heckenanlage am Hang lassen sich keine eindeutigen Tendenzen nachweisen (Tabelle 51). Aus Erosionsschutzüberlegungen favorisierte ein Drittel die Position in der Mitte und jeweils knapp 17 % der befragten Betriebe eine Position oben oder unten am Hang.

Eindeutiger entschieden sich die Befragten bei der Frage nach der bevorzugten Lage zum Hang. Mehr als die Hälfte würde eine Hecke quer zum Hang anlegen, wobei die Erosionsvermeidung (86 % der befragten Betriebe) eine maßgebliche Rolle spielt. Die Entscheidung zur Anlage in Fallrichtung/Hangrichtung wird durch die überwiegend vorherrschende Bewirtschaftungsrichtung der Hänge und die Einpassung in die bereits bestehenden gebietstypischen Strukturen der Waldhufenformen bestimmt.

Tabelle 51: Angaben zur bevorzugten Position, Hangneigung und Lage der Hecke am Hang (n=42) (Daten eigene Erhebung)

<b>Position am Hang</b>	<b>Anteil der befragten Betriebe</b>	<b>Lage am Hang</b>	<b>Anteil der befragten Betriebe</b>	<b>Hangneigung</b>	<b>Anteil der befragten Betriebe</b>
oben	16,7 %	in Fallrichtung	28,6 %	flache Bereiche	7,1 %
unten	16,7 %	quer zum Hang	52,4 %	geneigte Hänge	73,8 %
Mitte	33,3 %				
nicht quer zum Hang	14,3 %				
nicht festgelegt	19,0 %	nicht festgelegt	19,9 %	nicht festgelegt	19,0 %

Der Großteil der landwirtschaftlichen Betriebe (74 % der befragten Betriebe) favorisiert die Schaffung einer Heckenstruktur auf geneigten Flächen. Dabei ist wiederum die Vermeidung von Erosion (68 % der befragten Betriebe) die entscheidende Motivation, aber, wie schon bei der Präferenz des Grünlandes, spielen Motive der Bewirtschaftungsmöglichkeiten und des Technikeinsatzes eine große Rolle. Da es sich bei den geneigten Flächen meistens um

Grünlandstandorte handelt, die nur eine geringe Bewirtschaftungsintensität aufweisen und die flacheren Bereiche meist die ertragreicheren Ackerstandorte sind, bevorzugten 45 % der Befragten eine Pflanzung von Hecken auf den geneigten, weniger produktiven Grünlandstandorten als eine zusätzliche Zerschneidung und Schaffung von Bewirtschaftungshindernissen auf den flacheren wertvollen Ackerbereichen.

Teilweise wollten sich die Landwirte in ihren Antworten nicht genau festlegen, da man die lokalen Gegebenheiten der einzelnen Standorte für jede einzelne Maßnahme genau berücksichtigen müsse und sie daher keine allgemeinen Präferenzen angeben konnten.

Ein weiterer Scherpunkt der Befragung war die Erfassung der Bereitschaft zur Anlage einer Saumstruktur im Übergangsbereich der Hecke zum Acker- oder Grünland. Insgesamt wären nur 17 % der landwirtschaftlichen Betriebe bereit, überhaupt einen Saum anzulegen (Abbildung 98), wobei die dabei bevorzugte Breite von 2 bis 5 m variierte. Das am häufigsten genannte Argument für eine Ablehnung war der zu erwartende zusätzliche Flächenverlust (40 % der befragten Betriebe) (Abbildung 99). Da dies bereits bei der Erarbeitung des Fragebogens als ein Problem angenommen wurde, sollte dieser Faktor mit Hilfe der Konstruktion eines konkreten Beispiels näher beleuchtet werden. Dabei hatten die Landwirte zwei Szenarien/Alternativen zur Auswahl: eine 15 m breite Hecke ohne Saum oder eine 10 m breite Hecke mit jeweils 2,5 m Saum. Dies bedeutet, dass es durch die Anlage eines Saumes zu keinem zusätzlichen Flächenverlust kommt. Bei dem Vergleich des Beispiels mit den Angaben zur Schaffung eines Saumes im Allgemeinen fällt auf, dass sich auch in diesem Fall nur 31 % der Landwirte für einen Saum entscheiden würden. Es ist also nicht alleine das Problem des Flächenverlustes, was zur Ablehnung von Säumen führt.

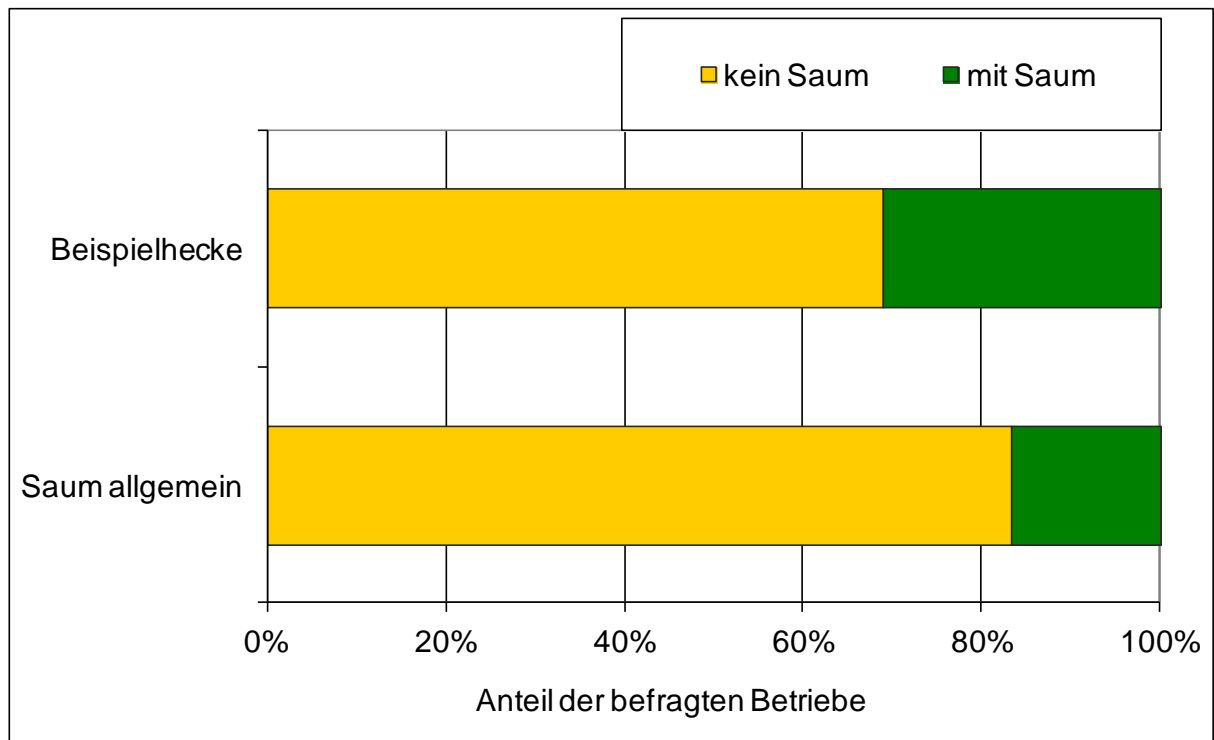


Abbildung 98: Bereitschaft zur Anlage eines Saumes allgemein und am konkreten Beispiel (n=42) (Daten eigene Erhebung)

Untersucht man die Beweggründe für die Ablehnung beziehungsweise die Bereitschaft zur Anlage eines Saumes genauer und vergleicht das Beispiel mit den allgemeinen Angaben (Abbildung 99 und Abbildung 100), wird deutlich, dass noch eine Vielzahl anderer Probleme eine Rolle spielen, etwa eine befürchtete Unkrautgefahr und ein erhöhter Pflege- und Arbeitsaufwand.

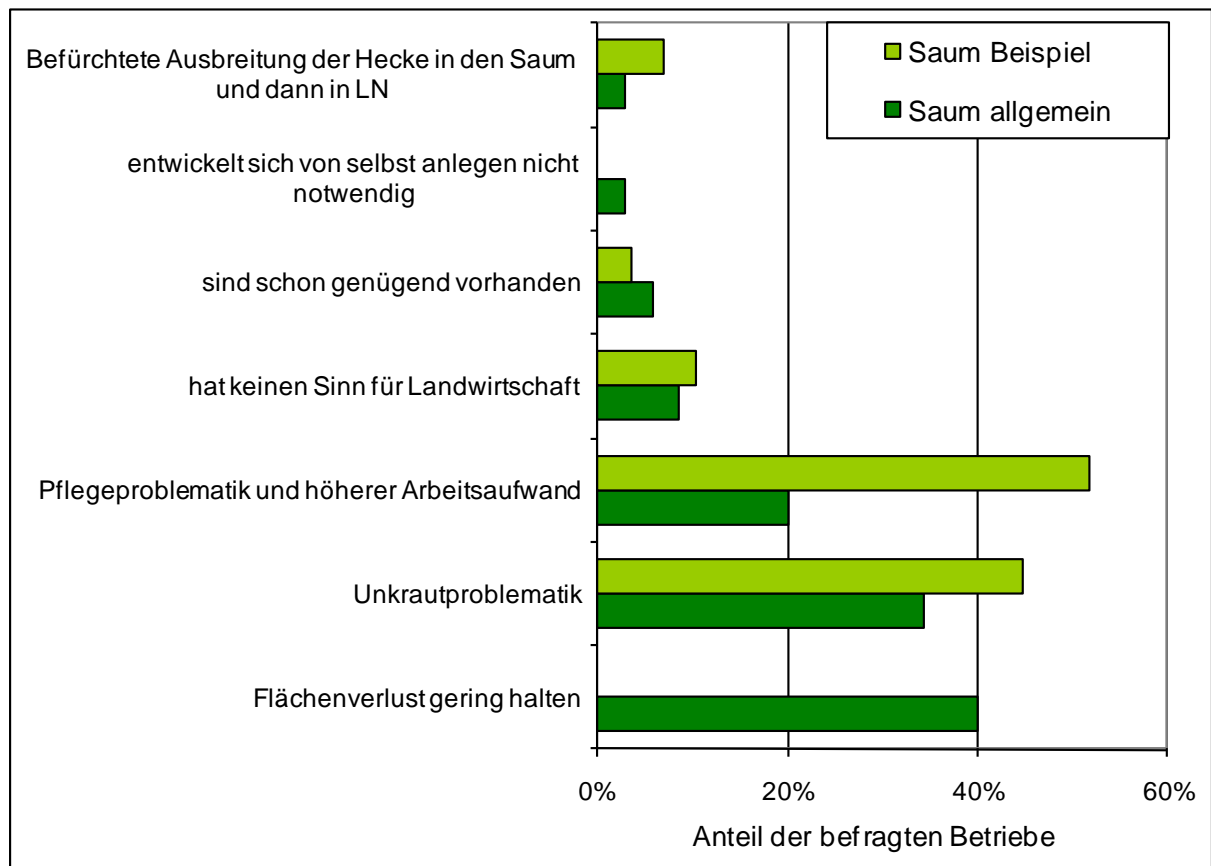


Abbildung 99: Vergleich der Beweggründe für die Ablehnung der Anlage eines Heckensaumes im Allgemeinen und für das Beispiel (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung)

Deutlich wird auch, dass eine mögliche finanzielle Förderung großen Einfluss auf die Motivation zur Anlage von Saumstrukturen ausüben kann. So würden immerhin 43 % der Befragten einen Saum anlegen, wenn dies ausreichend gefördert würde. Besonders die Betriebe, die einen sehr hohen zu erwartenden Ernteverlust angaben, könnten sich vorstellen, bei keinem zusätzlichen Flächenverlust einen Saum anzulegen ( $W = 95.0^*$ ), da sich die Bewirtschaftung der direkten Verlustzone im Bereich der Hecken nicht rentiert.

Ein Einfluss des Anteils der konservierenden Bodenbearbeitung, der Höhenlage oder der Bodenzahl auf die Bereitschaft zur Anlage einer Saumstruktur konnte nicht nachgewiesen werden (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“)

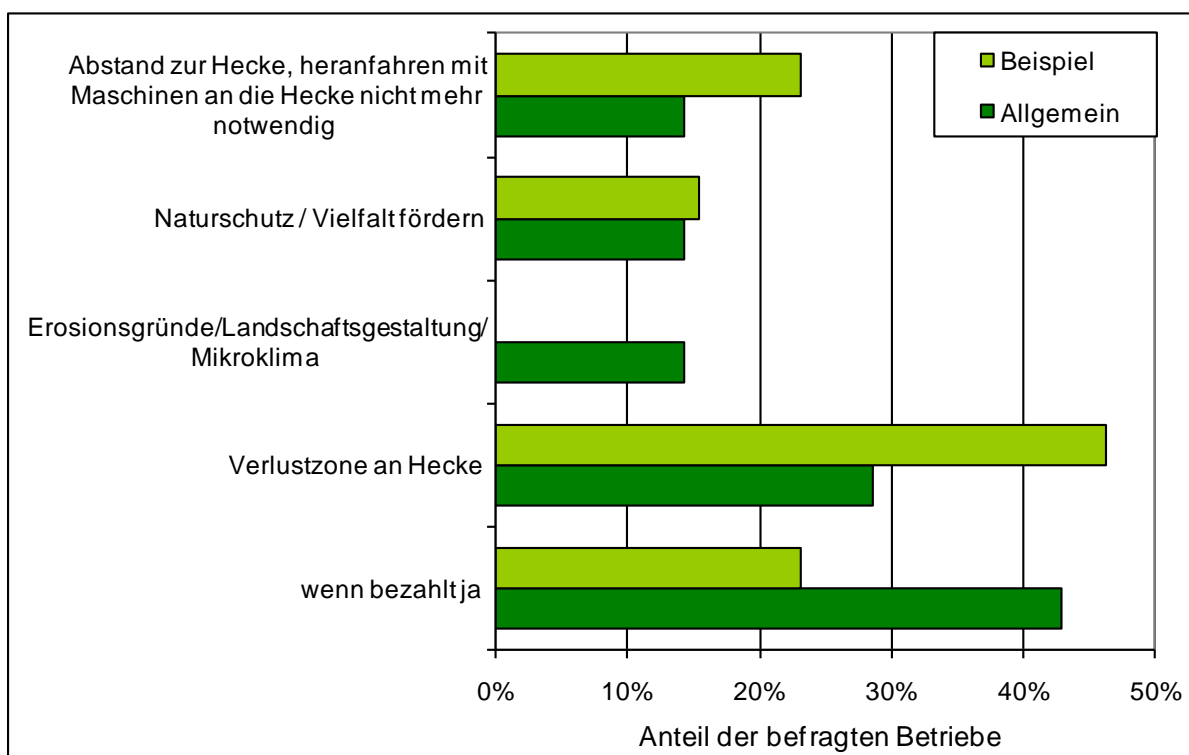


Abbildung 100: Vergleich der Beweggründe für die Bereitschaft der Anlage eines Heckensaumes im Allgemeinen und für das Beispiel (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung)

#### 8.4.1.2.4 Gehölzarten

Für die Landwirte von nicht allzu großem Interesse waren die Fragen zu bevorzugten oder zu vermeidenden Pflanzenarten in Hecken. Die meisten konnten keine bevorzugten Arten (45 % der befragten Betriebe) oder zu vermeidende Arten (50 % der befragten Betriebe) benennen. Allerdings war es 33,3 % der Befragten wichtig, dass es sich um standortgerechte, einheimische Arten handelt. Allgemein wurde angegeben, dass möglichst Arten gepflanzt werden sollen, die einen geringen Pflegeaufwand benötigen, sich nicht so stark in die angrenzenden Nutzflächen ausbreiten und eine geringe Wurzel-, Wasser- und Nährstoffkonkurrenz darstellen. Bei den zu vermeidenden Arten wurden nur einige wenige Arten genannt: Nadelhölzer (2), Pappeln (4), Weißdorn (5), Eiben (2) und große Bäume (2).

#### 8.4.1.2.5 Förderpolitik

In diesem Teil des Fragebogens sollten die Möglichkeiten der Anreize von Fördermitteln zur Pflanzung von Hecken untersucht werden. Insgesamt würden 48 % der befragten Unternehmen bei Zahlung von Fördermitteln neue Hecken auf ihren Flächen pflanzen. Dabei war es aber für den Großteil der Landwirte schwierig, die genaue Höhe der dafür notwendigen Förderung zu beziffern. Für 35 % wäre es ausreichend, wenn alle Kosten (Flächenverlust, Ernteverlust, zusätzlicher Arbeits- und Pflegeaufwand) abgedeckt wären, 30 % wünscht sich einen Überschuss, sodass sich die Anlage der Hecke finanziell lohnt. Über die Hälfte (52 %)

der befragten Betriebe würden auch mit Hilfe von Fördermitteln keine Hecken pflanzen beziehungsweise sahen Fördermittel nicht ausschlaggebend für oder gegen die Schaffung von Strukturelementen in der Landschaft an.

Derzeit werden im Rahmen des Förderprogramms ELER (Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raumes) 20 % Eigenmittel bei der Anlage von Heckenstrukturen beziehungsweise bei Heckenpflégemaßnahmen gefordert.

Als Abschluss des Fragebogens sollten die Landwirte noch einschätzen, wie sie im Allgemeinen mit der Förderpolitik des Landes, des Bundes und der Europäischen Union (EU) zufrieden sind. Dabei waren 4 Antwortmöglichkeiten vorgegeben (uneingeschränkt zufrieden, eingeschränkt zufrieden, wenig zufrieden und überhaupt nicht zufrieden).

Die überwiegende Mehrheit (62 % der befragten Betriebe) war eingeschränkt zufrieden, nur 17 % waren überhaupt nicht zufrieden (Abbildung 101).

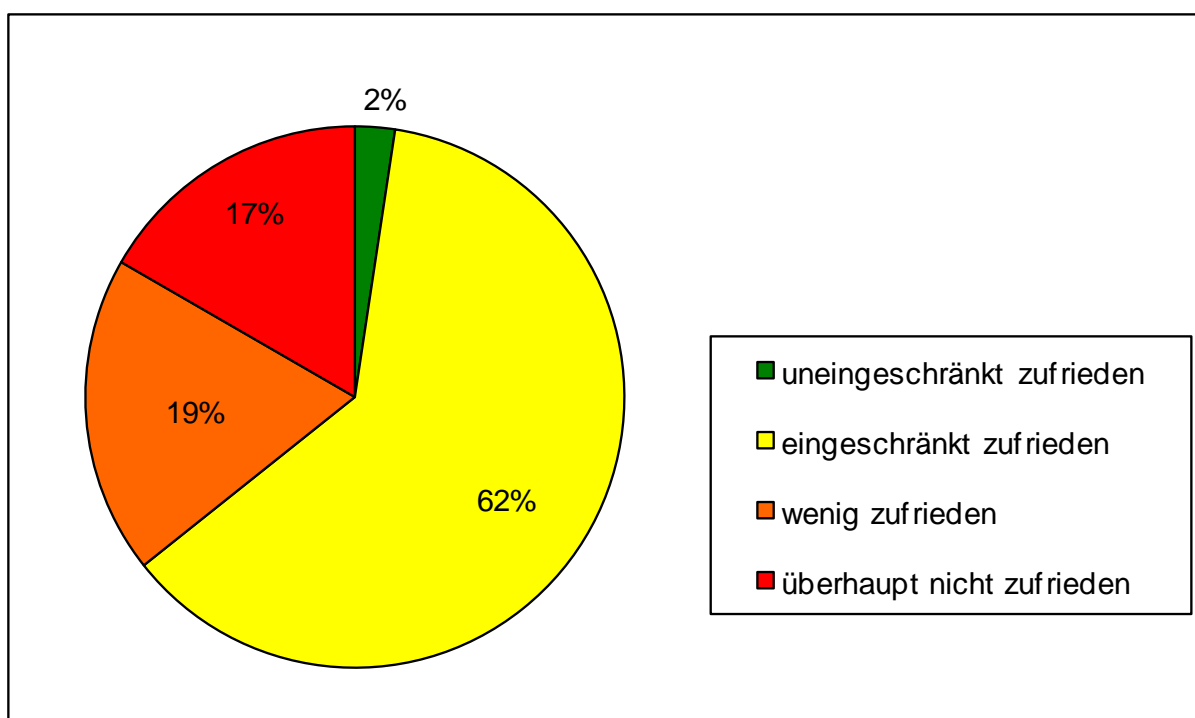


Abbildung 101: Verteilung der Zufriedenheit mit der Förderpolitik des Landes, des Bundes und der EU im Allgemeinen (n=42) (Daten eigene Erhebung)

Die häufigsten Gründe für die Unzufriedenheit mit der Förderpolitik im Allgemeinen waren ein Zuviel an Bürokratie (33 % der befragten Betriebe), der Verzicht auf Fördermittel (24 % der befragten Betriebe) und die unzureichende Berücksichtigung regionaler Belange (21 % der befragten Betriebe) (Abbildung 102). Die aktuelle Situation der Zufriedenheit könnte sich aber bald ändern, da viele Betriebe die von der EU ab 2014 vorgeschlagene Kappungsgrenze

für Großbetriebe als nicht hinnehmbar bewerteten und der Grad der Zufriedenheit in diesem Zusammenhang deutlich zurückgehen könnte.

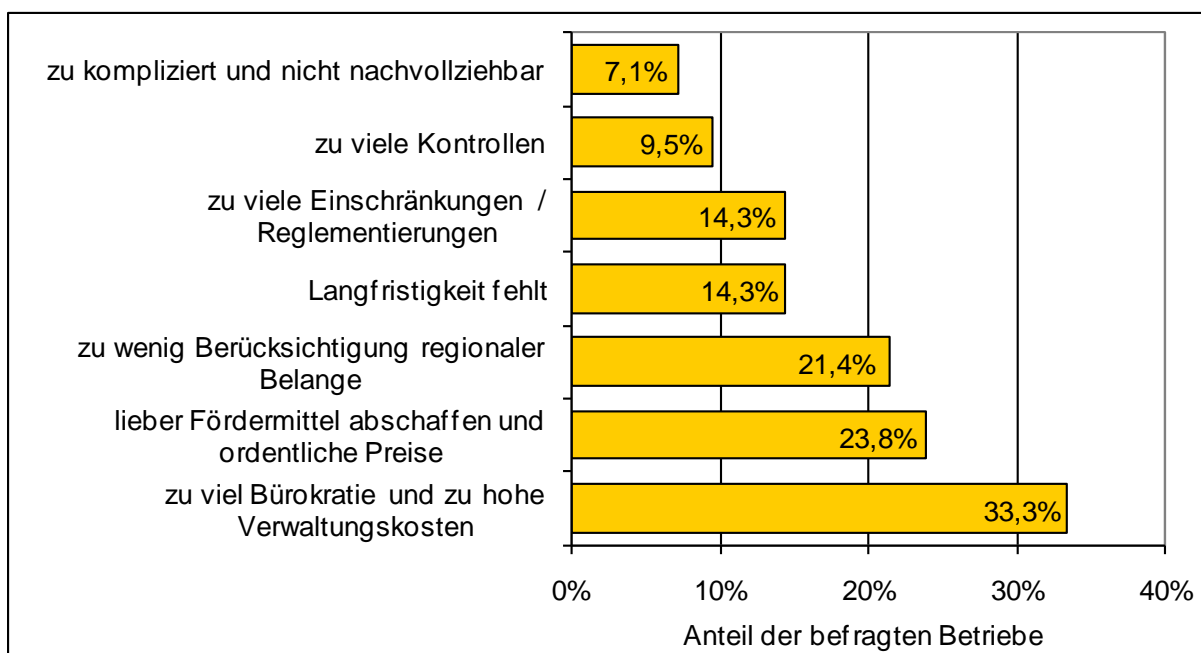


Abbildung 102: Gründe für die Unzufriedenheit mit der Förderpolitik im Allgemeinen (n=42) (Mehrfachnennungen waren möglich) (Daten eigene Erhebung)

#### 8.4.2 Potenzielle Zusammenhänge zwischen erhobenen Parametern

Zur Darstellung der potenziellen Zusammenhänge und Einflüsse aufgrund der gefundenen statistischen Zusammenhänge werden so genannte Korrelationsdiagramme verwendet. Die Symbolisierung mit \* gibt die Stärke des getesteten Zusammenhanges aufgrund des Signifikanzniveaus an (vgl. Tabelle 43) und ein + oder – verdeutlicht die Richtung (positiver oder negativer Zusammenhang). Die genauen Testergebnisse mit den statistischen Kenngrößen befinden sich im Anhang (vgl. Anhang 12.5 „Getestete Beziehungen“).

##### 8.4.2.1 Zusammenhänge zwischen Betriebsstruktur und Heckenbestandssituation

Signifikante Zusammenhänge wurden festgestellt zwischen der mittleren bewirtschafteten Höhe, der Bodenzahl (BZ), dem Anteil an Ackerland (AL) und dem Vorkommen von alten Hecken meist auf Lesesteinwällen (Abbildung 103). Wie schon in Kapitel 8.3 Methodik der Auswertung beschrieben, hängt die Bodenwertzahl mit der Höhenlage zusammen: Da sich bei zunehmender Höhenlage die klimatischen Standortfaktoren wie die Jahresdurchschnittstemperatur und die Dauer der Vegetationsperiode verringern, führt dies zu einer Abnahme der Bodenwertzahl mit steigender Höhe. Dieser Zusammenhang war zu erwarten und spricht für die Plausibilität der erhobenen Daten.

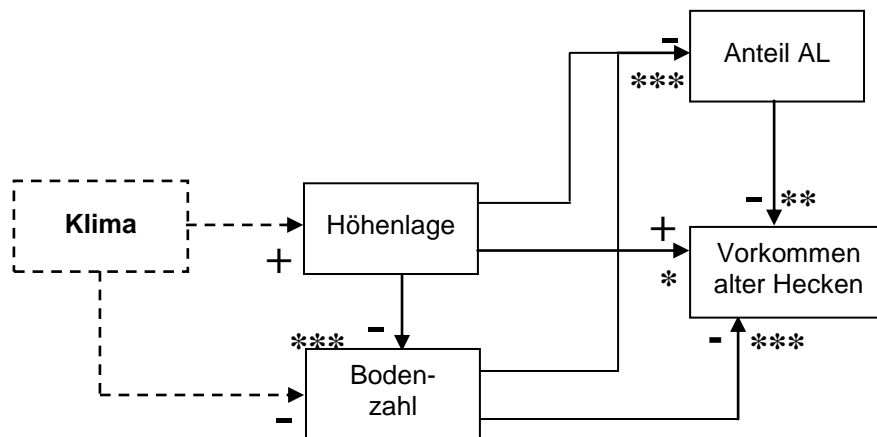


Abbildung 103: Zusammenhänge zwischen allgemeinen Betriebsangaben und Heckenbestandssituation, die durchgezogenen Linien entsprechen den getesteten Zusammenhängen (Daten eigene Erhebung)

Mit zunehmender Höhenlage sinkt der Anteil an Ackerland, da durch die sich verschlechternden klimatischen Standortfaktoren (vgl. Kapitel 4.6 „Klima“) und die Abnahme der Bodenzahl auf den Grenzertragsböden der mittleren und oberen Lagen Ackerbau nicht mehr rentabel durchführen lässt. Auch diese Ergebnisse waren zu erwarten und entsprechen der Auswertung der Zahlen der Ämter für Landwirtschaft. Die einzige Komponente der Heckenbestandssituation, bei der ein Zusammenhang mit den allgemeinen Betriebsdaten nachgewiesen werden konnte, ist das erhöhte Vorkommen von alten Hecken mit steigender Höhenlage, abnehmender Bodenzahl und geringerem Anteil an Ackerland. Dafür lassen sich verschiedene Ursachen finden: Zum einen handelt es sich bei den mittleren und oberen Lagen um die Gebiete mit zahlreichen Lesesteinwällen, die im Zuge der Urbarmachung des Erzgebirges und danach an den Rändern der landwirtschaftlichen Flächen aufgeschichtet wurden (vgl. Kapitel 5 „Entwicklung und Verbreitung von Hecken im Erzgebirge“).

Andererseits kann davon ausgegangen werden, dass mit den Schlagvergrößerungen und der Ausräumung der Landschaft beginnend in den 50er Jahren insbesondere Heckenstrukturen auf ertragreicheren Ackerstandorten den so genannten Flurbereinigungsmaßnahmen zum Opfer fielen und besonders auf den ertragsarmen steilen Grünlandstandorten der mittleren und oberen Lagen noch Strukturen erhalten blieben.



#### 8.4.2.2 Zusammenhänge zwischen Heckenbestandsituation und Präferenzen bei zukünftigen Heckenpflanzungen

Betrachtet man die Bereitschaft zur Anlage von weiteren Hecken und die maximal vorstellbare Heckenbreite, so lassen sich ebenfalls signifikante Zusammenhänge finden (Abbildung 104). Zum Beispiel ist die Bereitwilligkeit zur Pflanzung weiterer Hecken bei den Betrieben mit einem höheren Anteil an konservierender Bodenbearbeitung deutlich höher. Wahrscheinlich ist dieses Ergebnis auf die intensive Beschäftigung der landwirtschaftlichen Unternehmen mit der Thematik der Vermeidung von Bodenerosion durch Vorsorgemaßnahmen zum Bodenschutz mit Hilfe konservierender Bodenbearbeitung und die Schaffung von Strukturelementen zurückzuführen. Es lässt sich vermuten, dass Betriebe, die neuen Bewirtschaftungsformen offen gegenüber stehen, auch eine höhere Bereitschaft zur Schaffung von Landschaftselementen zeigen.

Die bevorzugte Flächennutzung, auf der potentielle Hecken entstehen sollen, ist bei den Betrieben, die sich vorstellen können, weitere Hecken anzulegen, Ackerland und bei den Landwirten, die zukünftig keine Strukturen etablieren wollen, Grünland. Es ist davon auszugehen, dass sich die Landwirte, die noch weitere Hecken anlegen wollen, der Erosionsproblematik und Strukturarmut auf Ackerflächen bewusst sind und deshalb gezielt gerade auf diesen Flächen etwas tun möchten.

Untersucht man die vorstellbare oder vertretbare maximale Heckenbreite hinsichtlich potenzieller Einflussfaktoren, so zeigt sich, dass sowohl die Bereitschaft zur Anlage weiterer Hecken, die Schaffung von Heckenstrukturen seit 1990, die aktuelle Breite und Gesamtlänge bereits bestehender Heckenstrukturen und die Art der Bodenbearbeitung damit in positiven Zusammenhang stehen (Abbildung 104).

Die vorstellbare Maximalheckenbreite liegt bei den Betrieben höher, die bereits seit 1990 Heckenstrukturen angelegt haben und sich auch in Zukunft vorstellen können, neue Strukturen zu schaffen. Betriebe mit einer großen landwirtschaftlichen Nutzfläche, einem hohen Anteil an konservierender Bodenbearbeitung sowie einer hohen Gesamtlänge und Breite bei bereits bestehenden Strukturen würden potentiell breitere Hecken anlegen.

Andere Faktoren wie die Höhe oder Anzahl bereits bestehender Hecken weisen keinen signifikanten Zusammenhang auf. Bei dem vorstellbaren Minimalabstand zwischen zwei benachbarten Heckenpflanzungen ließen sich keine signifikanten Zusammenhänge nachweisen.

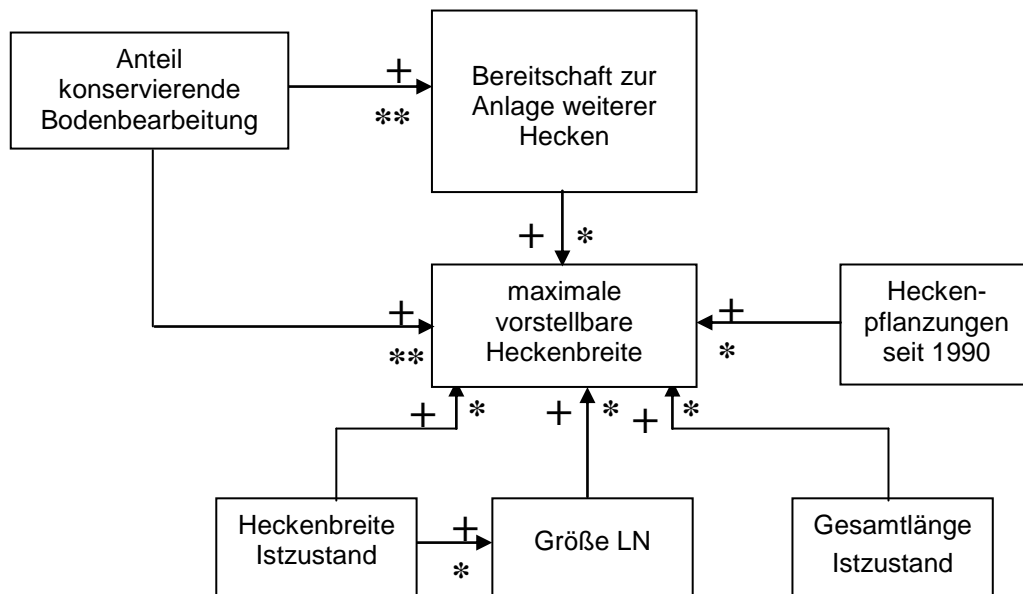


Abbildung 104: Einflussfaktoren auf die Bereitschaft zur Anlage weiterer Hecken sowie der maximal vorstellbaren Heckenbreite (Daten eigene Erhebung)

## 8.5 Fazit

Die Befragung der landwirtschaftlichen Betriebe zeigt, dass es keine allgemeine und grundsätzliche Ablehnung von Hecken im Untersuchungsgebiet gibt, vielmehr ist die Akzeptanz solcher Strukturen auf die Erfahrungen und spezifischen Begleitumstände jedes einzelnen Betriebes zurückzuführen. Dabei spielen die persönlichen Einstellungen und Motive der Entscheidungsträger im Unternehmen eine maßgebliche Rolle. Trotz teilweise gleicher Betriebsstrukturen und Erfahrungen wurde festgestellt, dass die Interviewpartner völlig andere Konsequenzen ziehen und Entscheidungen treffen.

Trotzdem lassen sich einige allgemeine Empfehlungen für die Anlage von Hecken im Erzgebirge ableiten. So können sich beispielsweise knapp 60 % der befragten Landwirte einen Heckenabstand von bis zu 250 m vorstellen. Am ehesten würden die untersuchten Unternehmen eine Hecke auf Grünland (64 % der befragten Betriebe), auf geneigten Flächen (74 % der befragten Betriebe) und quer zum Hang (52 % der befragten Betriebe) pflanzen.

Im Laufe der Befragung wurde klar, dass besonders die Heckenpflege (67 % der befragten Betriebe) ein großes Problem bei der Bereitschaft zur Anlage und zum Erhalt von Heckenstrukturen darstellt. Dabei ist es wichtig, eine Langfristigkeit im Bezug auf die Förderung von Pflegemaßnahmen zu gewährleisten und die Zuständigkeiten für die Pflege (Eigentümer oder Pächter) zu klären.

Eine Studie des DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE E.V. (DLV) (2006) ermittelte, dass 36 % der 55 befragten Betriebe prinzipiell bereit sind Hecken bei einer

angemessenen Vergütung zu pflanzen. Bei den befragten Unternehmen im Erzgebirge konnten sich 52 % der 42 Betriebe vorstellen, in Zukunft Hecken zu pflanzen. Des Weiteren hatten 74 % der befragten Unternehmen seit 1990 Hecken auf den von ihnen genutzten Flächen gepflanzt, bei der Studie des DLV (2006) waren es nur 55 %. Das weist auf eine hohe Akzeptanz von Heckenstrukturen im Erzgebirge hin.

Ähnliche Aussagen zu Problemen der Förderprogramme wurden sowohl bei der Studie des DLV (2006) als auch während der Befragung im Erzgebirge festgestellt. Die häufigsten Argumente waren dabei: keine langfristige Perspektive für ein sicheres Einkommen (55 % DLV (2006), 14 % eigene Untersuchung), fehlende Flexibilität für kurzfristige betriebliche Änderungen - Bindungspflicht (49 % DLV (2006), 14 % eigene Untersuchung), zu niedrige Fördersätze (DLV (2006) 42 %,), zeitaufwendige und komplizierte Antragstellung (DLV (2006) 36 %, eigene Untersuchung 33 %). Im Allgemeinen ist aber die Zufriedenheit mit den Förderprogrammen im Erzgebirge größer als in den Regionen, die im Rahmen der DLV Studie (2006) untersucht wurden.

Das Ziel, mit Hilfe der Befragung ein grundlegendes Verständnis für die spezifischen Probleme von Landnutzern mit Heckenstrukturen im Naturraum Erzgebirge zu gewinnen, wurde erreicht. Inwieweit die vielfältigen Aussagen gezielt bei der Umsetzung berücksichtigt werden können, wird sich an konkreten Beispielen vor Ort zeigen müssen und ist hier nicht abschätzbar.

## 8.6 Diskussion

Im Verlauf der Befragung wurde durch die Diskussion mit den Entscheidungsträgern der landwirtschaftlichen Unternehmen deutlich, dass sich durch die gestiegenen Preise für landwirtschaftliche Produkte (Abbildung 105) in den letzten Jahren die Einstellung zum Thema Heckenpflanzungen teilweise verändert haben. Da es jetzt durchaus wieder profitabel ist, auch Grenzertragsstandorte in Mittelgebirgsregionen intensiv landwirtschaftlich zu nutzen, führt eine Verringerung des Ertrages durch Flächen- oder Ernteverlust unter Umständen zu erheblichen Gewinneinbußen. Damit wird besonders das Ackerland beträchtlich aufgewertet und die Bereitschaft, Flächen für die Schaffung von Landschaftselementen zur Verfügung zu stellen, sinkt. Im Gespräch mit den Landwirten wurde aber auch deutlich, dass durch einen Generationswechsel im Landwirtschaftssektor viele neue Ideen und Konzepte Eingang finden. Ein Zeichen dafür ist zum Beispiel der steigende Anteil an landwirtschaftlichen Betrieben, die eine konservierende Bodenbearbeitung, einen Zwischenfrucht- und Untersaatenanbau und ökologischen Landbau

durchführen (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT 2008, 2009). Es gibt mehr und mehr engagierte junge Landwirte, die sich nicht mehr nur primär als Nahrungsmittelproduzenten sondern auch als Landschaftspfleger sehen.

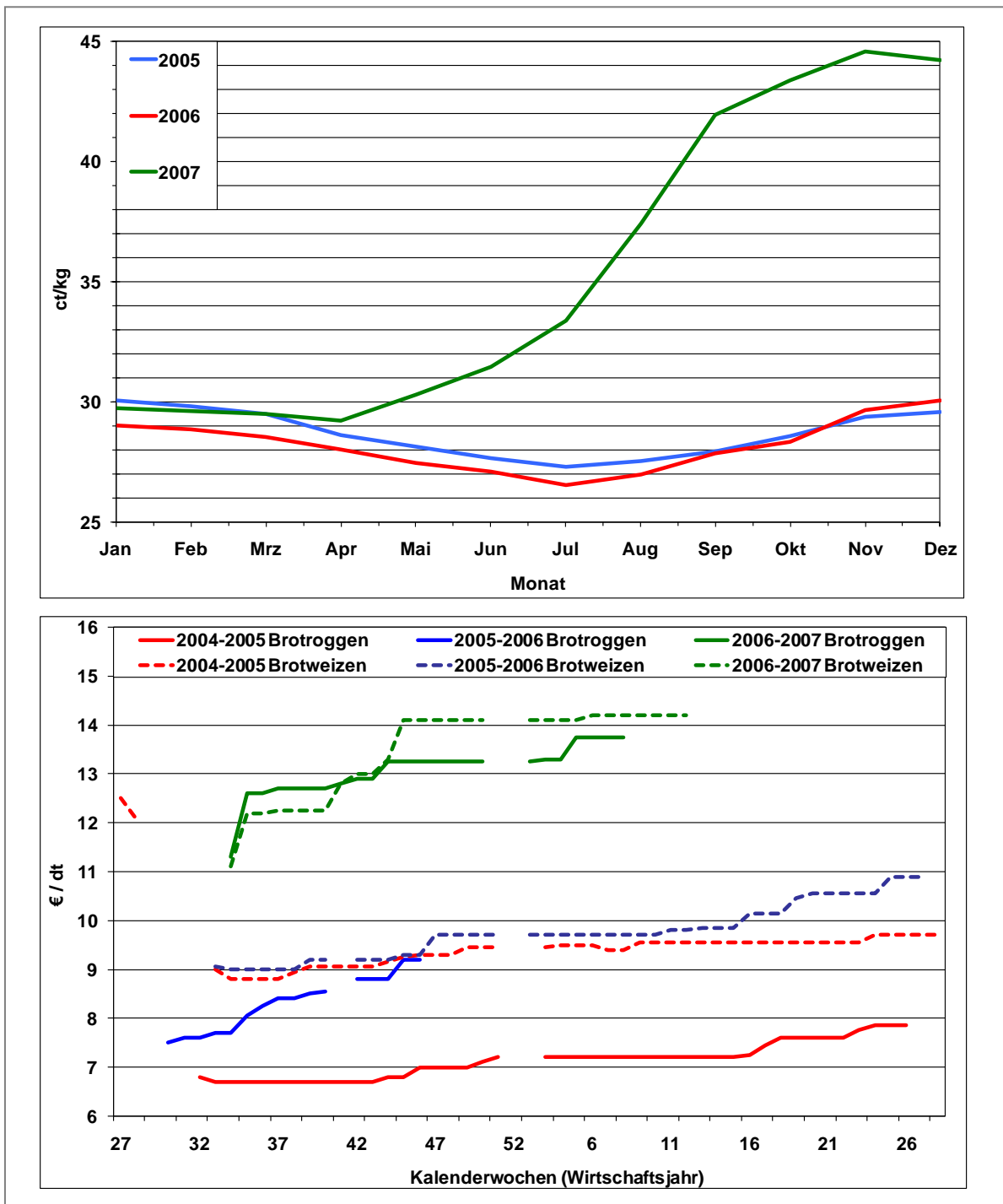


Abbildung 105: Entwicklung der Erzeugerpreise für ausgewählte Anbauprodukte (Milch, Brotweizen, Brotroggen) in Sachsen (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2007))

Ein großes Problem bei der Umsetzung von Heckenpflanzungen stellen auch die Pachtverhältnisse dar. Da der Großteil der von den befragten Betrieben bewirtschafteten

Flächen nur Pachtland ist, ist eine Heckenpflanzung nur in Abstimmung mit den Eigentümern möglich.

Die Akzeptanz von Heckenstrukturen im Erzgebirge ist im Allgemeinen als hoch zu bewerten, viele Landwirte sehen sie als kulturhistorisches Landschaftselement und haben sich damit arrangiert. Um neue Hecken besonders in den ertragsreicheren heckenärmeren mittleren und unteren Lagen zu pflanzen, bedarf es jedoch einer gezielten Förderung. Dabei muss auf die Möglichkeiten bestehender Fördermöglichkeiten zum Erhalt und Neuanlage von Landschaftselementen hingewiesen werden (SCHMIDT 2008). Besonders wichtig für die Entscheidungs- und Umsetzungsträger ist eine langfristige Förderung der Hecken inklusive der Heckenpfllegemaßnahmen.

## 9 Synopse der Ergebnisse von Hydrologie / Ökologie / Landnutzung

In den Kapiteln zur Wirkung von Hecken aus ökologischer und hydrologischer Sicht unter Berücksichtigung agrarökonomischer Belange wurden verschiedene Parameter und deren jeweiliger Einfluss untersucht. Dabei wurde deutlich, dass es Parameter gibt, die aus der einen Blickrichtung als sehr wichtig eingeschätzt wurden, aus anderer Sicht aber als eher unbedeutend. Zusätzlich wurden die Ergebnisse auf unterschiedlichem Skalenniveau erzielt. Die Ergebnisse der ökologischen Untersuchungen und der Befragungen der Landwirte liegen ordinalskaliert vor, die Ergebnisse der hydrologischen Modellierung dagegen kardinalskaliert. Sie lassen sich dadurch nicht ohne eine Transformation in ein einheitliches Wertesystem vergleichen. Eine Möglichkeit, Ergebnisse verschiedener Skalenarten zu vergleichen und dabei aus verschiedenen Optionen eine für alle Ziele optimale Vorzugsvariante zu ermitteln, bietet die nutzwertanalytische Herangehensweise.

Die Methodik der Nutzwertanalyse ist in allen drei Fachbereichen, die in der vorliegenden Arbeit behandelt werden, gebräuchlich. In Deutschland durch ZANGEMEISTER in den 1970er Jahren verbreitet (ZANGEMEISTER 1971), wurde sie besonders im Bereich der Umwelt- und Raumplanung genutzt (ARNOLD & BÜRGER 1977, KLOCKOW et al. 1987 zitiert in FÜRST & SCHOLLES 2008). Aber auch im Bereich der Wasser- und Landwirtschaft wurde und wird die Nutzwertanalyse als Entscheidungshilfesystem (HARTH 2006, NAUMANN & KURZER 2010) bzw. zur Abwägung zwischen verschiedenen Planungsvarianten angewendet (PFLÜGNER 1989, SCHMID 1997, KOHLER 2006), insbesondere wenn nicht monetär bewertbare Faktoren eine entscheidende Rolle für die Variantenfindung spielen.

In den letzten Jahren steht die Nutzwertanalyse, insbesondere bei planerischen Großprojekten, stark in der Kritik, da sie durch die Auswahl der zur Bewertung genutzten Indikatoren sowie die festzulegenden Zielgewichte starke subjektive Komponenten enthält und daher Möglichkeiten zur leichten Manipulation bietet (FÜRST & SCHOLLES 2008). Dennoch stellt eine, auf ihre wesentlichen Elemente beschränkte, nutzwertanalytische Herangehensweise für die Auswahl einer Vorzugsvariante anhand überschaubarer Kriterien (hier: ökologische Wertigkeit, landwirtschaftliche Akzeptanz und hydrologische Wirkung) und belastbar hergeleiteter Bewertungen (vgl. Kapitel 6.2 „Naturschutzfachliche Bewertung von Heckenstrukturen“, 7.6.2 „Einflüsse von Heckenstrukturen auf mögliche Abflussveränderungen“, 8.4.1.2.3 „Präferenzen bei zukünftigen Heckenpflanzungen“) eine sehr gut geeignete Methode dar und wurde aus diesem Grund hier angewandt.

## 9.1 Grundlagen der Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse ist eine Planungsmethode zur systematischen Entscheidungsvorbereitung bei der Auswahl von Alternativen. Dabei analysiert sie eine Menge komplexer Handlungsoptionen mit dem Ziel, die einzelnen Optionen entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines mehrdimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung dieser Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte der Alternativen (ZANGEMEISTER 1971, S. 45).

Die Methode geht davon aus, dass sich das angestrebte Ziel in Teilziele zerlegen lässt, dass sich für die Teilziele eine Wichtung bezüglich der Relevanz zur Erreichung des Gesamtzieles festlegen lässt und dass sich die Teilziele durch Indikatoren beschreiben lassen (FÜRST & SCHOLLES 2008). Dadurch können auch sehr gegensätzliche Teilziele gegeneinander abgewogen werden, womit ein optimaler Kompromiss zwischen den Teilzielen, in Form des höchsten Nutzwertes an der Gesamtperspektive, erreicht werden kann.

Bei der Nutzwertanalyse lassen sich nach PFLÜGNER (1989) und FÜRST & SCHOLLES (2008) fünf Hauptarbeitsschritte definieren (Abbildung 106):

- die Ziel- und Problemformulierung,
- die Alternativenentwicklung,
- die Wertanalyse mit Bestimmung der Zielerträge, der Transformation in Zielerreichungswerte und der Bestimmung der Zielgewichte,
- die Wertsynthese mit der Bestimmung der Teilnutzwerte und Nutzwerte und
- die Festlegung der Rangordnung der Alternativen.

Für die methodisch korrekte Umsetzung der Nutzwertanalyse ist insbesondere darauf zu achten, dass zwischen den Kriterien zur Beschreibung der Zielerträge keine Abhängigkeiten bestehen, die Zielgewichte für alle Alternativen gleich sind und die unterschiedlich strukturierten Zielerträge in gleichskalierte Zielerreichungsgrade transformiert werden.

### Arbeitsschritte der Nutzwertanalyse Theorie

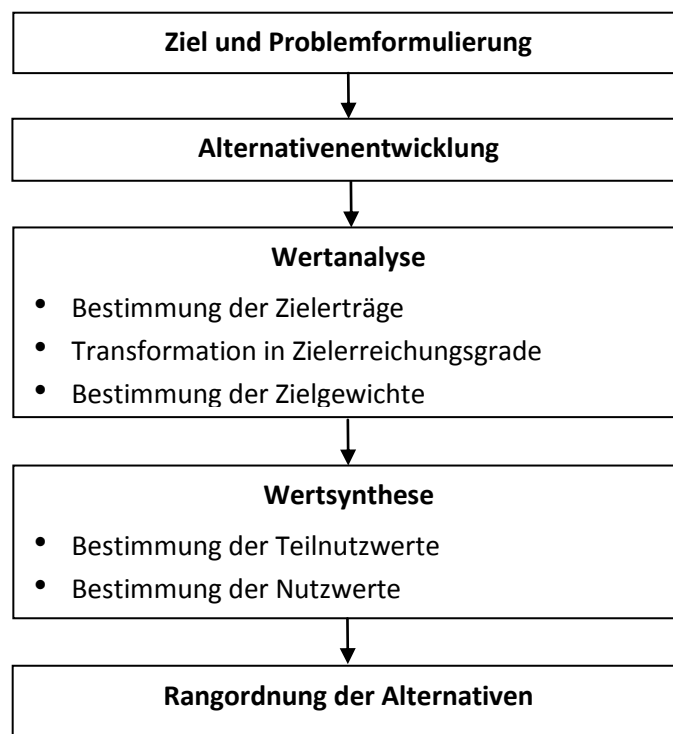


Abbildung 106: Die grundlegenden Arbeitsschritte der Nutzwertanalyse (verändert nach PFLÜGNER (1989) und FÜRST & SCHOLLES (2008))

## 9.2 Anwendung der Nutzwertanalyse

### 9.2.1 Zielformulierung, Zielsystem und Gewichtung der Teilziele

Als Ziel der Nutzwertanalyse sollen die Ergebnisse der Untersuchungen zur Wirkung von Hecken beim dezentralen Hochwasserschutz, ihre Bedeutung für den Natur- und Landschaftsschutz als auch die Belange der Landnutzer (Teilzielebene) gegeneinander abgewogen werden. Im Ergebnis werden dabei Handlungsempfehlungen zur Förderung linearer Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft von Mittelgebirgsregionen entwickelt (Gesamtzielebene, Abbildung 107), die auf einer Abwägung der genannten Aspekte zu einem Optimum basieren.

Da in der Umsetzung der Nutzwertanalyse nicht davon ausgegangen werden kann, dass jedes Teilziel auch automatisch einen gleichen Anteil an der Erreichung des Gesamtzieles hat, sind für die einzelnen Teilziele Gewichtungsfaktoren bestimmt worden. Die Zielgewichte müssen dabei in der Summe 100 % betragen (PFLÜGNER 1989).

In einem ersten Schritt wurden dabei alle Teilziele (Hochwasserschutz, Ökologie, Akzeptanz der Landwirte) als gleichgewichtet betrachtet (Gewichtung I, Abbildung 107). Wenn man umsetzungsorientiert arbeiten will, müsste man eine Wichtung zugunsten der Landwirte



vornehmen, das heißt Hochwasserschutz und Ökologie stehen der Akzeptanz der Landnutzer gegenüber. Demgemäß erhält das Zielkriterium Landnutzung (Umsetzungssicht) die Gewichtung 50 % und Ökologie und Naturschutz (naturwissenschaftliche Sicht) jeweils 25 % (Gewichtung II, Abbildung 107). Dies wurde in einem zweiten Schritt durchgeführt und die Ergebnisse verglichen.

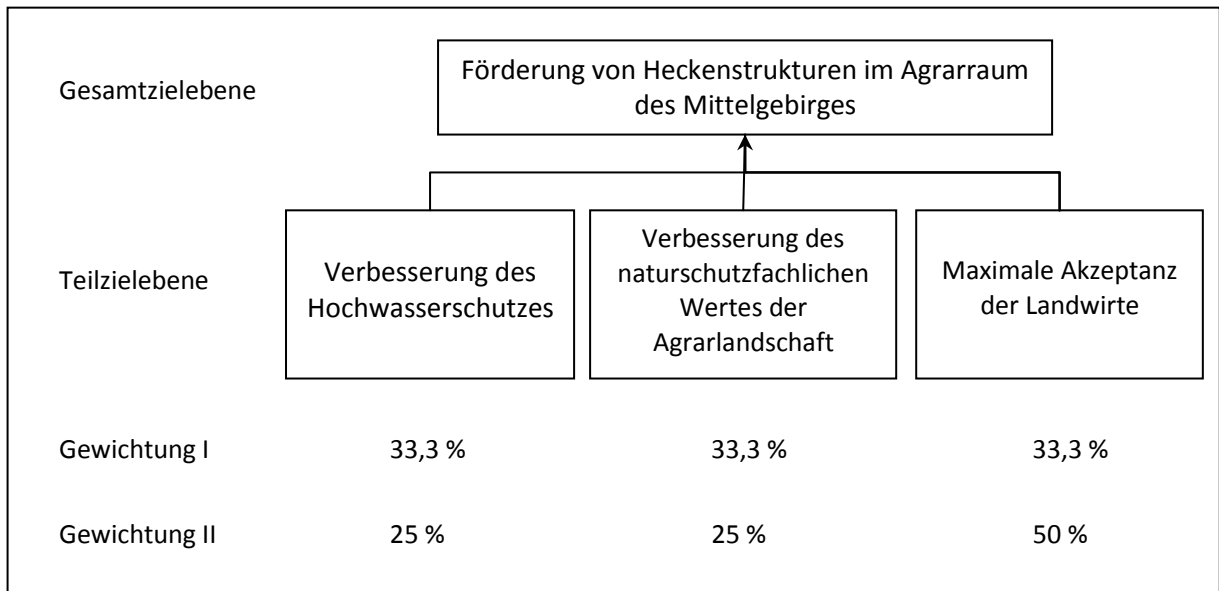


Abbildung 107: Übersicht über Zielebenen und die verwendeten Gewichtungen

### 9.2.2 Entwicklung der Alternativen

Die Alternativen wurden auf Grundlage der Bewertung von Heckenparametern aus ökologischer Sicht (vgl. Kapitel 6.2 „Bewertung von Heckenstrukturparametern“), der Ergebnisse der hydrologischen Modellierung (vgl. Kapitel 7.6.2 „Einflüsse von Heckenstrukturen auf mögliche Abflussveränderungen“) und der Auswertung der Befragung der Landwirte (vgl. Kapitel 8.4.1.2.3 „Präferenzen bei zukünftigen Heckenpflanzungen“) entwickelt. Dabei wurde darauf geachtet, dass nur Alternativen Berücksichtigung fanden, deren relevante Eigenschaften und Parameter in allen drei Teilbereichen untersucht wurden. Ausschließlich in einem Teilbereich untersuchte Parameter wie Heckenlänge, Alter, Gehölzartenzusammensetzung, angrenzende Nutzung bzw. Pflege im Teilbereich Ökologie, finden sich deshalb innerhalb der Alternativenentwicklung nicht wieder. Diese Aspekte werden im Kapitel 0 argumentativ diskutiert und bewertet.

Auf der genannten Basis wurden neun zu vergleichende Alternativen entwickelt, die sich stark an der Szenarioentwicklung in Kapitel 7.2 „Szenarienbildung“ orientieren:

- Istzustand ohne Hecke
- 4 Hecken je 5 m breit
- 4 Hecken je 10 m breit
- 4 Hecken je 15 m breit
- 1 Hecke (20 m breit) am Unterhang
- 1 Hecke (20 m breit) am Mittelhang
- 1 Hecke (20 m breit) am Oberhang
- 1 Hecke (10 m breit) mit jeweils 5 m Grassaum

### 9.2.3 Wertanalyse und Wertsynthese

#### Formulierung der Zielerfüllung und Bestimmung der Zielerträge

In einem weiteren Schritt wurde die Zielerfüllung für jeden Teilaspekt ermittelt. Die maximale Zielerfüllung für den dezentralen Hochwasserschutz liegt bei einer maximalen Abflussreduktion vor, für den Natur- und Landschaftsschutz ist das Ziel, ein naturschutzfachlich wertvolles Heckennetz zu schaffen, und aus Sicht der Landnutzer liegt die maximale Zielerfüllung in der Erreichung der größtmöglichen Akzeptanz der jeweiligen Alternative durch die Landwirte.

Die Bewertung der Zielerfüllung für die untersuchten Alternativen leitet sich aus den Ergebnissen der Kapitel „Naturschutzfachliche Bewertung von Heckenstrukturen“ (6.2), „Einflüsse von Heckenstrukturen auf mögliche Abflussveränderungen“ (7.6.2) und „Präferenzen bei zukünftigen Heckenpflanzungen“ (8.4.1.2.3) ab und wird in Tabelle 52 dargestellt.

Tabelle 52: Darstellung der Bewertung der einzelnen Teilziele hinsichtlich ihrer Zielerfüllung

Alternativen	Zielerfüllung der Teilziele		
	Bewertungsgrundlage		
	Natur- und Landschaftsschutz <i>Argumentative Bewertung</i>	Hydrologie <i>Mittelwert der Abflussreduktion (1997-2005) in %</i>	Landwirtschaft <i>Akzeptanz der Landwirte (Ergebnisse der Befragung)</i>
Istzustand ohne Hecke	Ausgeräumte Agrarlandschaft mit geringer Artenvielfalt	0	Da der Ist-Zustand die aktuelle Landnutzung widerspiegelt, erhält diese Alternative die höchste Akzeptanz
4 Hecken je 5 m breit	4 Hecken sind besser als eine Großhecke, hohe Hecken-dichte wird angestrebt, mit der Heckenbreite ändert sich die	-7,3	38 % aller Befragten können sich eine Breite von 5 m vorstellen, aber nur 28,6 % 4 Hecken

4 Hecken je 10 m breit	Artenzusammensetzung, Waldarten nehmen zu, für Vögel ist eine größere Zahl kleiner Hecken günstiger als einige wenige sehr umfangreiche Hecken	-9,7	22 % aller Befragten können sich eine Breite von 10 m vorstellen, aber nur 28,6 % 4 Hecken
4 Hecken je 15 m breit		-12,3	6 % aller Befragten können sich eine Breite von 15 m vorstellen, aber nur 28,6 % 4 Hecken
1 Hecke (20 m breit) am Unterhang	ökologisch ist die Lage am Hang nur im Rahmen einer Vernetzung innerhalb der Landschaft (Biotopverbund) relevant, mehrere kleinere Hecken sind einer Großhecke vorzuziehen	-7,3	16,7 % aller Befragten favorisieren eine Hecke am Oberhang und 61,9 % nur 1 Hecke
1 Hecke (20 m breit) am Mittelhang		-7,3	33,3 % aller Befragten favorisieren eine Hecke am Mittelhang und 61,9 % nur 1 Hecke
1 Hecke (20 m breit) am Oberhang		-7,3	16,7 % aller Befragten favorisieren eine Hecke am Unterhang und 61,9 % nur 1 Hecke
1 Hecke (10 m breit) mit jeweils 5 m Grassaum	an jeder Hecke sollte ein extensiv bewirtschafteter pflanzenartenreicher Krautsaum von mindestens 2-5 m Breite angelagert sein, aber mehrere kleinere Hecken sind einer Großhecke vorzuziehen	-7,0	31 % der Befragten würden lieber einen Saum an eine 10m breite Hecke + je 5 m Saum als ein 20m breite Hecke

### Transformation in Zielerreichungsgrade

Der Grad Zielerreichung ist ein dimensionsloser Wert, der ausdrückt, wie gut ein bestimmtes Ziel aus der Sicht des Bewerter erreicht ist (BECHMANN 1978). Dafür müssen die Zielerträge auf einer gemeinsamen Wert-Skala abgebildet werden, diese Umwandlung von unterschiedlich dimensionierten realen Zielerträgen in dimensionslose Zielwerte heißt Transformation (PFLÜGNER 1989). Die Zielerträge mit ihren unterschiedlichen Maßeinheiten müssen in Punkte-Skalen transformiert werden. Dafür sind Transformationsfunktionen zu bestimmen, welche die Zuordnung bestimmter Werte-Punkte zu den Meßergebnissen in der Spannweite der Zielerträge festlegen (PFLÜGNER 1989). Zunächst wird die Spannweite der Zielerträge für alle Zielkriterien festgelegt, indem man den niedrigsten und höchsten Wert als Grenzen der Spannweite festlegt. Dabei kann der Maximalwert von einem oder mehreren Alternativen erreicht werden. Im nächsten Schritt wird die Skala der Zielwerte festgelegt, die für alle Zielkriterien gilt. Diese Skala ist frei wählbar und wurde für den vorliegenden Fall von 1 bis 10 gewählt. Dabei ist zu beachten, dass die Zielwerte nur ganzzahlige Werte sein dürfen.

Für die Transformation der Bewertung des Teilziels „Natur- und Landschaftsschutz“ wird als negativste Alternative der Ist-Zustand (ohne Hecken) angesehen, als positivste Alternativen werden die Szenarien mit den je 4 Hecken festgelegt. Daraus ergeben sich die Zielerreichungsgrade nach Tabelle 53.

Tabelle 53: Transformation der Bewertung der Zielerfüllung in Zielerreichungsgrade für das Teilziel „Natur- und Landschaftsschutz“

Alternativen	Zielerfüllung Natur- und Landschaftsschutz	Zielerreichungsgrade
Istzustand ohne Hecke	Ausgeräumte Agrarlandschaft mit geringer Artenvielfalt	1
4 Hecken je 5 m breit	4 Hecken sind besser als 1 Großhecke, hohe Heckendichte wird angestrebt, mit der Heckenbreite ändert sich die Artzusammensetzung, Waldarten nehmen zu, für Vögel ist eine größere Zahl kleiner Hecken günstiger als einige wenige sehr umfangreiche Hecken	10
4 Hecken je 10 m breit		10
4 Hecken je 15 m breit		10
1 Hecke (20 m breit) am Unterhang	ökologisch ist die Lage am Hang nur im Rahmen einer Vernetzung innerhalb der Landschaft (Biotopverbund) relevant, mehrere kleinere Hecken sind einer Großhecke vorzuziehen	5
1 Hecke (20 m breit) am Mittelhang		5
1 Hecke (20 m breit) am Oberhang		5
1 Hecke (10 m breit) mit jeweils 5 m Grassaum	an jeder Hecke sollte ein extensiv bewirtschafteter pflanzenartenreicher Krautsaum von mindestens 2-5 m Breite angelagert sein, aber mehrere kleinere Hecken sind einer Großhecke vorzuziehen	6

Bei der Transformation der kardinalskalierten Ergebnisse der hydrologischen Modellierung, der Abflussreduktionen, wurde der Mittelwert der Abflussreduktion der modellierten Jahre (1997-2008) aller Szenarien verwendet. Die Spanne wurde dabei für die maximale Abflussreduktion von 12,3 % (4x15) mit der maximalen Zielerfüllung (10 Punkte) und den Ist-Zustand mit keiner Abflussreduktion (1 Punkt) bestimmt. Danach wurden alle weiteren Abflussreduktionen dazu in Bezug gesetzt (Tabelle 54) und nach der prozentualen Verteilung der Zielerfüllungsgrad zugeordnet.

Für die Transformation der Ergebnisse der Akzeptanzuntersuchung in Zielerfüllungsgrade wird der Wertebereich durch den Ist-Zustand mit vollständiger Akzeptanz und der Alternative „4 Hecken je 15 m breit“ aufgespannt. Daraus ergeben sich die in Tabelle 55 dargestellten Zielerfüllungsgrade für das Teilziel Akzeptanz der Landwirte.

Tabelle 54: Transformation der Bewertung der Zielerfüllung in Zielerreichungsgrade für das Teilziel „Hydrologie“

Alternativen	Zielerfüllung dezentraler Hochwasserschutz <i>mittlere Abflussreduktion (1997-2008) in %</i>	Zielerfüllung in % *	Zielerfüllungsgrad
Ist-Zustand ohne Hecke	0	0	1
4 Hecken je 5 m breit	-7,3	59	6
4 Hecken je 10 m breit	-9,7	79	8
4 Hecken je 15 m breit	-12,3	100	10
1 Hecke (20 m breit) am Unterhang	-7,3	59	6
1 Hecke (20 m breit) am Mittelhang	-7,3	59	6
1 Hecke (20 m breit) am Oberhang	-7,3	59	6
1 Hecke (10 m breit) mit jeweils 5 m Grassaum	-7,0	57	6
* Klassenverteilung: 0-9%=1, 10-19%=2, 20-29%=3, 30%-39%=4, 40-49%=5, 50-59%=6, 60-69%=7, 70-79%=8, 80-89%=9, 90-100%=10			

Tabelle 55: Transformation der Bewertung der Zielerfüllung in Zielerreichungsgrade für das Teilziel „Akzeptanz der Landwirte“

Alternativen	Zielerfüllung Akzeptanz der Landwirte	Zielerfüllungsgrad
Ist-Zustand ohne Hecke	Da der Ist-Zustand die aktuelle Landnutzung widerspiegelt, erhält diese Alternative die höchste Akzeptanz	10
4 Hecken je 5 m breit	38 % aller Befragten können sich eine Breite von 5 m vorstellen, aber nur 28,6 % 4 Hecken	3
4 Hecken je 10 m breit	22 % aller Befragten können sich eine Breite von 10 m vorstellen, aber nur 28,6 % 4 Hecken	2
4 Hecken je 15 m breit	6 % aller Befragten können sich eine Breite von 15 m vorstellen, aber nur 28,6 % 4 Hecken	1
1 Hecke (20 m breit) am Unterhang	16,7 % aller Befragten favorisieren eine Hecke am Oberhang und 61,9 % nur 1 Hecke	5
1 Hecke (20 m breit) am Mittelhang	33,3 % aller Befragten favorisieren eine Hecke am Mittelhang und 61,9 % nur 1 Hecke	6
1 Hecke (20 m breit) am Oberhang	16,7 % aller Befragten favorisieren eine Hecke am Unterhang und 61,9 % nur 1 Hecke	5
1 Hecke (10 m breit) mit jeweils 5 m Grassaum	31 % der Befragten würden lieber einen Saum an eine 10m breite Hecke + je 5m Saum als 1x20	3

### 9.2.4 Ermittlung der Rangordnung der Alternativen

Die durch die Transformation der Nutzwerte herausgefundenen Grade der Zielerfüllung werden mit den Gewichten zu Teilnutzen multipliziert und durch die Summierung dieser Teilnutzwerte ergeben sich die Gesamtnutzenwerte der Alternativen und damit ihre Rangordnung. Die Alternative mit dem höchsten Nutzwert erhält die Rangziffer 1 (Tabelle 56).

Tabelle 56: Berechnung der Gesamtnutzenwerte aus den Teilnutzenwerten mit beiden Gewichtungungen, grau abgestuft sind die Varianten, die mit den jeweiligen Gewichtungungen die höchsten Nutzwerte erzielen und daher als geeignet eingestuft werden.

Alternativen	Teilnutzwerte			Gesamtnutzwert (Rangfolge)	
	Dezentraler Hochwasser-schutz	Natur- und Landschafts-schutz	Akzeptanz der Land-nutzer	Gewicht-ung I (33-33-33)	Gewicht-ung II (25-25-50)
Istzustand (ohne Hecken)	1	1	10	12 (7)	22 (2)
4 Hecken je 5 m breit	6	10	3	19 (3)	22 (2)
4 Hecken je 10 m breit	8	10	2	20 (2)	22 (2)
4 Hecken je 15 m breit	10	10	1	21 (1)	22 (2)
1 Hecke (20 m breit) am Unterhang	6	5	5	16 (5)	21 (3)
1 Hecke (20 m breit) am Mittelhang	6	5	6	17 (4)	23 (1)
1 Hecke (20 m breit) am Oberhang	6	5	5	16 (5)	21 (3)
1 Hecke (10 m breit) mit jeweils 5 m Grassaum	6	6	3	15 (6)	18 (4)

## 9.3 Interpretation der Ergebnisse

### 9.3.1 Lage der Hecken, Dichte und Heckensaum

Es ist festzustellen, dass die Gesamtnutzwerte der Alternativen im Allgemeinen dicht beieinander liegen (Tabelle 56). Es ist aber auch festzustellen, dass die Rangordnung der Alternativen, aber auch der absolute Betrag der Nutzwerte von der gewählten Gewichtung abhängt.

Werden alle drei Teilnutzwerte gleich gewichtet, so ist eine deutliche Abstufung zwischen den Alternativen mit jeweils 4 Hecken (mit 19-21 Punkten) und den Alternativen mit einer Hecke (16 bzw. 17 Punkte) und dem Ist-Zustand (12 Punkte) festzustellen. Dies resultiert

besonders aus den hohen Teilnutzwerten des dezentralen Hochwasserschutzes und des Natur- und Landschaftsschutzes. Mit diesem Ergebnis wären mehrere schmalere Hecken eindeutig einer breiteren Hecke vorzuziehen.

Bei der stärkeren Gewichtung der Akzeptanz durch die Landwirte (Gewichtung II) wird die Spannweite zwischen den Alternativen deutlich geringer. Mit Ausnahme der Alternative „eine 10 Meter breite Hecke mit Grassaum“ ordnen sich alle Alternativen in einem Punktwertebereich von 21 bis 23 ein. Diese engen Abstände zeigen, dass sich zwar leichte Präferenzen für die Alternative „20 m breite Hecke am Mittelhang“ ergeben, sie zeigen aber auch, dass sich keine eindeutige Vorzugsvariante ergibt.

Am unteren Ende der Bewertungsskala zeigt sich allerdings ein deutlicheres Ergebnis. Mit beiden Gewichtungen ergibt sich für die Alternative 1 Hecke (10 m breit) mit jeweils 5 m Grassaum nur ein geringer Nutzwert. Neben den im Kapitel 7.5.2 nicht darstellbaren hydrologischen Vorteilen gegenüber einer Hecke ohne Saum, spiegelt sich hier besonders die geringe Akzeptanz von Heckensäumen bei den Landwirten wieder.

Bei dem Vergleich der Teilnutzenwerte (Tabelle 56) fällt die gleichgerichtete Bewertung der Alternativen bei den Teilaspekten dezentraler Hochwasserschutz und Natur- und Landschaftsschutz auf. Dies zeigt die Synergien, die zwischen beiden Teilaspekten bestehen, vereinfacht ausgedrückt: was dem Natur- und Landschaftsschutz dient, dient auch dem dezentralen Hochwasserschutz (RICHERT et al. 2007a). Deutlich wird auch, dass bei dem höchsten Teilnutzenwert im Teilaspekt Akzeptanz (abgesehen vom Ist-Zustand) immer noch mittlere Teilnutzenwerte im dezentralen Hochwasserschutz und im Natur- und Landschaftsschutz erreicht werden. Dies betrifft die Alternative „eine 20 m breite Hecke am Mittelhang“. In dieser Form und Lage könnte ein naturschutzfachlich und hydrologisch wirksamer Kompromiss liegen, der von den Landnutzern auch akzeptiert wird. Immerhin können sich 52 % der Befragten vorstellen, in der Zukunft weitere Hecken zu pflanzen (vgl. Kapitel 8.4.1.2.1 „Aktuelle Heckenbestandssituation“).

Abbildung 108 zeigt deutlich, dass mit steigendem Nutzwert aus Sicht des Natur- und Hochwasserschutzes die Akzeptanz der Landwirte sinkt. Je höher die Teilnutzwerte Naturbeziehungsweise Hochwasserschutz werden, desto kleiner werden die Kreise, also die Akzeptanz der Landwirte.

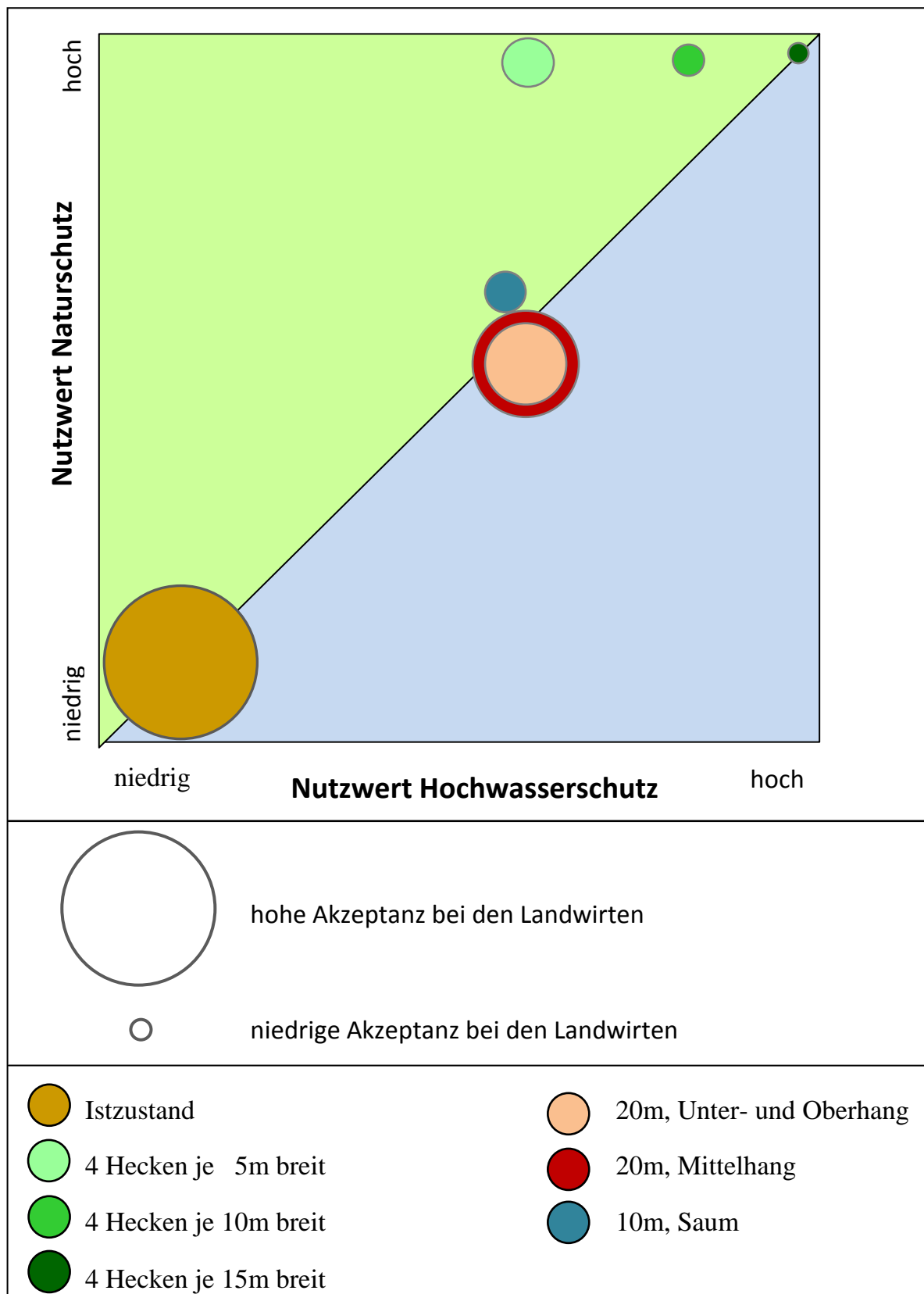


Abbildung 108: Übersicht der Teilnutzwerte der Alternativen aus Sicht des Natur- und Hochwasserschutzes und der Akzeptanz der Landwirte (angelehnt an RICHERT et al. 2007a)

Die Qualität einer Nutzwertanalyse ist schwer zu beurteilen, da es sich um ein subjektives Bewertungsverfahren handelt (BECHMANN 1978). Wenn aber die einzelnen



Bewertungsschritte inhaltlich begründbar und intersubjektiv vermittelbar sind, kann von einem sinnvollen und nachvollziehbaren Ergebnis ausgegangen werden. Die geringfügigen Unterschiede in den Gesamtnutzwerten der Alternativen sollten daher nicht überinterpretiert werden, es wird eher deutlich, dass sich Gruppen von Alternativen bilden, welche aus unterschiedlichen Blickwinkeln als gut (in Tabelle 56 grau unterlegte Alternativen) oder weniger geeignet eingestuft werden können.

### 9.3.2 Innerer Aufbau, Pflege der Hecken

Im Rahmen der Nutzwertanalyse konnten Parameter wie Gehölzzusammensetzung, Alter, Pflege, zusätzliche Habitatstrukturen und angrenzende Nutzung nicht berücksichtigt werden, da sie im Teilaspekt Hydrologie/dezentraler Hochwasserschutz nicht betrachtet wurden. Diese Parameter sind entweder hydrologisch nicht relevant oder können vom Modell nicht abgebildet werden. Da sie aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutz bei der Förderung der Neuanlage von Heckenstrukturen sehr wichtig sind, müssen sie in einer separaten Betrachtung berücksichtigt werden. Die Tabelle 57 stellt diese Parameter aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes und der Akzeptanz durch die Landnutzer dar.

Konfliktpunkte, die bei der Anlage von Hecken abgestimmt werden müssen, sind die Heckenpflege und die umgebende Nutzung. Das größte Problem stellt dabei die regelmäßige Pflege der Hecken dar. Diese ist notwendig, um eine hohe Strukturvielfalt und damit im Zusammenhang stehende Artenvielfalt zu erreichen. Ein Großteil der Befragten zeigte keine Präferenzen für bestimmte Arten, gab aber an, dass sie Arten, die einen geringen Pflegeaufwand benötigen, sich nicht so stark in die angrenzenden Nutzflächen ausbreiten und eine geringe Wurzel-, Wasser- und Nährstoffkonkurrenz darstellen, bevorzugen. In der eng mit den Nutzern abgestimmten Artenzusammensetzung der anzulegenden Hecken mit Hinblick auf Arten, die einen geringeren Pflegeaufwand verursachen, könnte auch ein Schlüssel zur besseren Akzeptanz auf Grund geringeren Pflegebedarfes liegen. Dennoch bedarf eine Hecke immer eines gewissen regelmäßigen Mindestpflegeaufwandes.

Eine deutliche Präferenz der Landwirte zu Hecken auf Grünland im Gegensatz zu Hecken auf Ackerflächen war festzustellen. Dieser Konflikt liegt in den durch den Flächenverlust verursachten Ernteverlusten und geringeren Flächenprämien begründet und lässt sich nicht ohne die Änderungen der aktuellen Landwirtschaftsförderung lösen. Aus ökologischer Sicht sind beide Hecken als naturschutzfachlich wertvoll einzuschätzen, wenn auch aus unterschiedlichen Gründen.

Tabelle 57: Bewertung von Parametern aus Sicht des Natur- und Landschaftsschutzes und der Akzeptanz der Landnutzer

Parameter	Natur- und Landschaftsschutz	Akzeptanz der Landnutzer
Gehölzartenzusammensetzung	Strukturreiche Hecke aus einheimischen standortgerechten Gehölzen bietet beste Voraussetzung für die Bereitstellung unterschiedlichster Lebensräume für unterschiedlichste Arten.	die befragten Betriebe gaben an: 45 % - keine bevorzugten, 50 % - keine zu vermeidenden Arten, 33,3 % war wichtig, dass es sich um standortgerechte, einheimische Arten handelt (weiteres siehe Parameter Überhälter).
Alter	Hecken, die eine ausgewogene Altersklassenmischung mit Anteilen von Totholz aufweisen, sind besonders artenreich, da sie unterschiedliche Lebensbedingungen für verschiedene Arten zur Verfügung stellen.	wurde nicht erfasst
Pflege	Nur periodisch genutzte Hecken können eine hohe Strukturvielfalt erreichen.	67 % der befragten Landwirte gab als größtes Problem mit Hecken die Heckenpflege an.
Überhälter	Eine Erhöhung der Artenvielfalt durch Überhälter, da eine größere Vielfalt an Lebensräumen entsteht.	Die befragten Landwirte bevorzugten keine Überhälter, sondern Arten, die einen geringen Pflegeaufwand benötigen, sich nicht so stark in die angrenzenden Nutzflächen ausbreiten und eine geringe Wurzel-, Wasser- und Nährstoffkonkurrenz darstellen.
zusätzliche Habitatstrukturen	Zusätzliche Bereicherung des Lebensraumes Hecke durch eine größere Vielfalt an Lebensräumen	wurden nicht erfasst
angrenzende Nutzung	Aus tierökologischer Sicht sind Hecken in reinen Ackerbaugebieten höher zu bewerten als Grünlandhecken, da sie in Gebieten mit vorwiegend ackerbaulicher Nutzung ein Element ökologischer Kontinuität und struktureller Vielfalt darstellen. Die Mehrzahl der Brutvögel zeigt aber eine deutliche Präferenz für Hecken mit angrenzendem Grünland.	64,3 % der befragten Landwirte bevorzugt die Pflanzung von Hecken auf Grünland, 23,8 % auf Ackerland

## 10 Fazit

Arbeiten, die gleichrangig den ökologischen Wert, die hydrologischen Wirkungen und die Akzeptanz von Hecken bei Landwirten untersuchen, waren bisher zumindest in Mitteleuropa nicht bekannt. Das Ergebnis der vorliegenden Arbeit zeigt ganz klar das Defizit auf, an dem zu arbeiten ist, will man Heckenstrukturen nicht nur wissenschaftlich untersuchen, sondern auch ganz real fördern: Es ist die Akzeptanz bei den Flächeneigentümern und Nutzern.

Die Ergebnisse zeigen Abstufungen im hydrologischen Effekt und im naturschutzfachlichen Wert verschiedener angenommener Heckenstrukturen. Die Tendenz dabei wird deutlich klar, mehr Fläche bedeutet größere hydrologische Effekte und wenn auch steigende Heckenflächen nicht zwangsläufig einen linearen Anstieg des ökologischen Wertes nach sich ziehen, ist jede zusätzliche Heckenstruktur eine Steigerung des ökologischen Wertes agrarisch genutzter Fläche. Im Endeffekt kommt es aber darauf an, dass überhaupt Heckenstrukturen nicht nur erhalten, sondern von den handelnden Akteuren neu angelegt werden. Die Voraussetzungen dafür sind im untersuchten Gebiet gut. Die Ergebnisse der Befragung der Landwirte zeigen eine grundsätzliche Aufgeschlossenheit diesem Thema gegenüber, die Einzelentscheidungen sind aber sehr durch persönliche Motive und Einstellungen geprägt und je nach Landwirt sehr unterschiedlich. Dies scheint auch durch einen Generationswechsel der Landwirte bedingt zu sein. Eine neue Generation von Landwirten bietet eher Chancen für neue Ideen und sieht sich nicht mehr ausschließlich als Nahrungsmittelproduzent, sondern auch in der Verantwortung als Landschaftspfleger der sie umgebenden Kulturlandschaft. Diese Chance für neue Ideen, und damit auch für die Anlage von Hecken kann aber nur dann genutzt werden, wenn die Rahmenbedingungen dem nicht entgegenstehen.

Die wichtigsten Anforderungen an die Rahmenbedingungen sind die Beibehaltung der Einbeziehung von sogenannten Landschaftselementen in die Berechnung der Flächenprämie, die Steigerung der Förderquote für die Heckenanlage und die Sicherung der langfristigen Förderung der Heckenpflege im Rahmen der neuen Agrarumweltmaßnahmen der Europäischen Union ab 2014. Mit diesen entsprechenden Rahmenbedingungen sollte eine Informationsoffensive einhergehen, die den Landwirten gut aufbereitete Fachinformationen zum Thema Hecken bereitstellt. Dies könnte über die regionalen Arbeitskreise Landwirtschaft und die Landschaftspflegeverbände erfolgen. Diese unterstützen mit fachlicher Expertise ebenso, wie mit konkreter praktischer Anleitung vor Ort. Ein erfolgreiches Beispiel für das gelungene Ineinandergreifen von Förderrichtlinien und Fachberatung im Rahmen der

Arbeitskreise Landwirtschaft findet sich in Sachsen bei der Förderung der konservierenden Bodenbearbeitung.

Im Zuge des Ausbaus von erneuerbaren Energien dürfte eine regelmäßige Heckenpflege zur Brennholz- beziehungsweise Holzschnitzelgewinnung wieder als lohnend und weniger problematisch empfunden werden.

Im Detail haben sich große Akzeptanzprobleme von Heckensäumen herausgestellt. Gerade vor dem Hintergrund des hohen ökologischen Wertes von Saumstrukturen und der Tatsache, dass deren hydrologischer Effekt sich nur wenig von einer gleich breiten Gehölzhecke ohne Saum unterscheidet, sollte diesbezüglich die Förderpolitik reagieren. Gleichzeitig sollte die angewandte Forschung zu den speziellen Problemen der Landwirte mit dem Thema Saum, wie die befürchtete stärkere Verunkrautung und der zusätzliche Pflegeaufwand, intensiviert werden und die erzielten Ergebnisse den Landwirten durch praxisnahe Fachinformation vermitteln.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in der vorliegenden Arbeit nicht nur die ökologischen Wertigkeit diskutiert und ihre hydrologische Wirkung quantifiziert, sondern dass auch deutlich die gute Akzeptanz von Hecken bei bestimmten Rahmenbedingungen, aber auch spezifische Akzeptanzprobleme gezeigt werden konnten. Die größte Bedeutung bei der Förderung von Heckenstrukturen wird dabei in einem zielorientierten Dialog mit den Landnutzern und Eigentümern gesehen, der praxisnah aufbereitete Informationen bietet. Bei einer effektiven Kooperation zwischen Forschung, Förderpolitik und Landnutzer bestehen gute Chancen, die im Erzgebirge landschaftsprägenden und damit auch identitätsstiftenden und tourismusfördernden Heckenlandschaften zu erhalten und auszuweiten.

## 11 Quellenverzeichnis

- ACHTZIGER, R. (1991): Zur Wanzen- und Zikadenfauna von Saumbiotopen - eine ökologisch-faunistische Analyse als Grundlage für eine naturschutzfachliche Bewertung. Berichte der ANL 15. S. 37-68.
- ACHTZIGER, R. (1995): Die Struktur von Insektengemeinschaften an Gehölzen: Die Hemipteren-Fauna als Beispiel für die Biodiversität von Hecken und Waldrandökosystemen. Bayreuther Forum Ökologie (bfö) 20: 216 S.
- ACHTZIGER, R. (1997): Organisation Patterns in a Tritrophic Plant-Insect System: Hemipteran Communities in Hedges and Forest margins. Ecological Studies 30, S. 277-297.
- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und geologische Landesämter der Bundesrepublik Deutschland, Hannover, 392 S.
- ALTHAUS, J. (1984): Vergleich von Modellregen zur Kanalnetzberechnung. Mitteilungen Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, TU Hannover, Heft 56, 324 S.
- ANDERSEN, J., REFSGAARD, J. C., JENSEN, K. H. (2001): Distributed hydrological modelling of the Senegal River Basin – Model construction and validation. Journal of Hydrology 247, S. 200-214.
- ANGIMA, S. D., STOTT, D. E., O'NEILL M. K., ONG, C. K., WEESIES, G. A. (2002): Use of calliandra-napier grass contour hedges to control erosion in central Kenya. Agriculture Ecosystems and Environment 91, S. 15-23.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT BOSCH & PARTNER GMBH (2000): Kriterienkatalog zur Gestaltung von Ackerschlägen im Agrarraum – Landschaftsökologische Aspekte. Im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie. 230 S.
- ARNHOLD, S. (2006): Mikrostrukturparameter von Hecken des Osterzgebirges. – Studienarbeit TU Bergakademie Freiberg, AG Biologie / Ökologie, 50 S. + Anhang, unveröffentlicht.
- ARNOLD, F., BÜRGER, K. (1977): Gesamtökologischer Bewertungsansatz für einen Vergleich von zwei Autobahntrassen. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, 16, 263 S.
- ARNOLD, G. W. (1983): The influence of ditch and hedgerow structure, length of hedgerows and area of woodland and garden on bird numbers on farmlands. Journal of Applied Ecology 20, S. 731-750.
- ATTESLANDER, P. (2006): Methoden der empirischen Sozialforschung. 11. Auflage – Erich Schmidt Verlag GmbH & Co Berlin, 357 S.
- AUERSWALD, K. (2002): Landnutzung und Hochwasser. In: Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Band 24 Katastrophe oder Chance? Hochwasser und Ökologie. Verlag Dr. Friedrich Pfeil München, S. 67-76.
- AUGENSTEIN, I. (2002): Die Ästhetik der Landschaft. Ein Bewertungsverfahren für die planerische Umweltvorsorge.- Dissertation Universität Rostock.- Weißensee-Verlag, Berlin. 170 S.
- BALDENHOFER, K. (1999): Lexikon des Agrarraums. – Justus Perthes Verlag Gotha GmbH, Gotha, 443 S.
- BARKOW, A. (2001): Die ökologische Bedeutung von Hecken für Vögel. Dissertation Georg-August-Universität zu Göttingen, 177 S.

- BARTELS, H., DIETZER, B., MALITZ, G., ALBRECHT, F. M., GUTTENBERGER, J. (2005): KOSTRA-DWD-2000, Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 - 2000) – Fortschreibungsbericht – Deutscher Wetterdienst, Abteilung Hydrometeorologie, Offenbach a. M., Selbstverlag, 53 S.
- BASEDOW, T. (1987): Die Bedeutung von Hecken, Feldrainen und pflanzenschutzmittelfreien Ackerrandstreifen für die Tierwelt der Äcker. *Gesunde Pflanzen* 39, S. 421-329.
- BASEDOW, T. (1990): Der Einfluss von Feldrainen und Hecken auf Blattlausräuber, Blattlausbefall und die Notwendigkeit von Insektizideinsätzen im Zuckerrübenanbau. Ein Fallbeispiel. *Gesunde Pflanzen* 42, S. 241-245.
- BASTIAN, O., SCHREIBER, K.-F. (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. - 2. neubearbeitete Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin, 564 S.
- BATES, G. H. (1937): The vegetation of waysides and hedgerows. In: RICHARDS T., FORMAN, T., BAUDRY J. (1984): Hedgerows and hedgerow networks in Landscape Ecology. *Environmental Management* 8, No. 6, S. 495-510.
- BAUDRY, J., BUNCE, R. G. H., BUREL, F. (2000): Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management* 60 Issue 1, S. 7-22.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL) (2005): Hecken, Feldgehölze und Feldraine in der landwirtschaftlichen Flur. Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, Freising-Weihenstephan. 8 S.
- BECHMANN, A. (1978): Nutzwertanalyse, Bewertungstheorie und Planung. Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart, 361 S.
- BENNET, A. F. (1999): Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. Gland, Switzerland and Cambridge, IUCN Publication Service Unit 262 S.
- BERNHARDT, A., RICHTER, H. (1995): Erzgebirge. – In: Naturräume in Sachsen. – Forschung zur deutschen Landeskunde Band 238, Zentralausschuss für deutsche Landeskunde, Selbstverlag Trier, S. 166-180.
- BEVEN, K. J. (2001): Rainfall-runoff Modelling. The Primer, John Wiley & Sons, Chichester, 360 S.
- BEZZEL, E. (1982): Vögel in der Kulturlandschaft. Eugen Ulmer, Stuttgart, 350 S.
- BIANCHIN, S. (2003): Einfluss sozioökonomischer und naturräumlicher Faktoren auf die Änderung der landwirtschaftlichen Flächennutzung im Gebiet der Roten Weißeritz (Osterzgebirge) seit der politischen Wende in Ostdeutschland. Diplomarbeit TU Dresden, Institut für Geographie, 147 S., unveröffentlicht.
- BINDER, F. (2008): Aufforstungsmaßnahmen und Hochwasserschutz. In: DISSE, M., KAL, M., RIEGER, W. (Hrsg.) Tagungsband zum Seminar – Wasserrückhalt der Fläche – Möglichkeiten und Grenzen des dezentralen Hochwasserschutzes. Mitteilungen Institut für Wasserwesen, Heft 100, Kommissionsverlag Oldenburg Industrieverlag GmbH München, S. 81-91.
- BINOT, M., BLESS, R., BOYE, P., GRUTTKE, H., PRETSCHER, P. (1998): Rote Liste gefährdete Tiere Deutschlands. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz Heft 55 – Bundesamt für Naturschutz Bonn-Bad Godesberg, LV Druck im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 434 S.

- BLAB, J. (1993): Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere. 4. Auflage - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz – Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie Bonn, KILDA-Verlag F. Pölking Greven, 479 S.
- BÖNECKE, G. (1990): Ökologische Beurteilung von Hecken in flurbereinigten und nicht flurbereinigten Gebieten. – Mitteilungen Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Landespflege 13, S. 59-113.
- BORIN, M., PASSONI, M., THIENE, M., TEMPESTA, T. (2010): Multiple functions of buffer strips in farming areas. *European Journal of Agronomy* 32, S. 103-111.
- BOUGHEY, K. L., LAKE, I. R., HAYSOM, K. A., DOLMAN, P. M. (2011): Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features by bats. *Biological Conservation* 144 , S. 1790–1798.
- BRANKATSCHK, R. (2006): Makrostrukturparameter von Hecken des Osterzgebirges. Studienarbeit TU Bergakademie Freiberg, AG Biologie / Ökologie, 85 S., unveröffentlicht.
- BROGGI, M. F., SCHLEGEL, H. (1989): In: RINGLER, A., ROSSMANN, D., STEIDL, I. (1997): Lebensraumtyp Hecken und Feldgehölze. - Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.12 (Alpeninstitut Bremen GmbH, Projektleiter A. Ringler). - Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), 523 Seiten, München.
- BRONSTERT, A., FRITSCH, U., KATZENMAIER, D. (2001): Quantifizierung des Einflusses der Landnutzung und -bedeckung auf den Hochwasserabfluss in Flussgebieten. Abschlussbericht, Berlin: Umweltbundesamt, 216 S.
- BRONSTERT, A., OBERHOLZER, G., SEIERT, S. (1993): Maßnahmen der Flurbereinigung und ihre Wirkungen auf das Abflussverhalten ländlicher Gebiete. Schriftenreihe des Landesamts für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden Württemberg, Heft 3, Kornwestheim. 145 S.
- BUDER, W., UHLEMANN, S. (2004): Biotoptypenliste für Sachsen – Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege 2004. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freistaat Sachsen, Saxoprint GmbH, 135 S.
- BÜHL, A., ZÖFEL, P. (2000): SPSS Version 9 – Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 6. überarbeitete und erweiterte Auflage – Addison Wesley Verlag München, 686 S.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Bonifatius GmbH, Paderborn, 178 S.
- BUNDESNATURSCHUTZGESETZ vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542) (BNatSchG 2010), in kraftgetreten am 01. März 2010.
- BUREL, F. (1996): Hedgerows and their role in agricultural landscapes. *Critical Review in Plant Science* 15, S. 169-190.
- BUREL, F., BAUDRY, J. (1990): Structural dynamic of a hedgerow network landscapae in Brittany France. *Landscape Ecology* 4, S. 197-210.
- CAUBEL, V., GRIMALDI, C., MEROT, P., GRIMALDI, M. (2003): Influence of a hedge surrounding bottomland on seasonal soil-water movement. *Hydrological Processes* 17, S. 1811-1821.

- CAUBEL-FORGET, V., GRIMALDI, C., ROUAULT, F. (2001): Contrasted dynamics of nitrate and chloride in groundwater submitted to the influence of a hedge. C.R. Acad. Sci. Paris, série IIa, Sciences de la terre et des planètes, 332, S. 107-113.
- DAVIES, Z. G., PULLIN, A. S. (2007): Are hedgerows effective corridors between fragments of woodland habitat? An evidence-based approach. *Landscape Ecology* 22, S. 333-351.
- DEFRANCESCO, E., GATTO, P., RUNGE, F., TRESTINI, S. (2008): Factors Affecting Farmers' Participation in Agri-environmental Measures: A Northern Italian Perspective. *Journal of Agricultural Economics* 59, Issue 1, S. 114-131.
- DEUTSCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN (1985): Werte der deutschen Heimat – Östliches Erzgebirge – Band 10 – Akademie Verlag Berlin, 258 S.
- DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE E.V. (DLV) (2006): Abschlussbericht - Modell- und Demonstrationsprojekt - Landschaftselemente in der Agrarstruktur. Digitaler Bericht, 143 S.
- DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (DVWK) (1999a): Einsatz von Niederschlag-Abfluss-Modellen zur Ermittlung von Hochwasserabflüssen. Schrift Nr. 124, Kommissionsvertrieb Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn, 254 S.
- DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (DVWK) (1999b): Einflüsse land- und forstwirtschaftlicher Maßnahmen auf den Hochwasserabfluss – Wissenstand, Skalenprobleme, Modellansätze. Materialien 7, GFA-Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., 129 S. + Anhänge.
- DIERSCHE, H. (1974): Saumgesellschaften im Vegetations- und Standortsgefälle an Waldrändern. *Scripta Geobotanica* 6, Göttingen, 246 S.
- DIN 4049-3 (1994): Hydrologie Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. – DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag Berlin.
- DOUSSAN, C., PAGES, L., PIERRET, A. (2003): Soil exploration and resource acquisition by plant roots: an architectural and modelling point of view. *Agronomie* 23, S. 419-431.
- DWA (2006): Bemessung von Regenrückhalteräumen. DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 117, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Abfall e.V., Hennef, 36 S.
- DYCK, S., PESCHKE, G. (1995): Grundlagen der Hydrologie. Verlag für Bauwesen, Berlin, 536 S.
- EDELMANN, H.-J. (2010): Erosionsschutz in der Flurneuordnung. In: Erosionsschutz – Aktuelle Herausforderung für die Landwirtschaft - 8. Kulturlandschaftstag. Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.) Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, ES-Druck Freising-Tüntenhausen, S. 55-61.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Auflage – Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart, 1095 S.
- ERNOULT, A., ALLARD, D. (2011): Species richness of hedgerow habitats in changing agricultural landscapes: are  $\alpha$  and  $\gamma$  diversity shapes by the same factors? *Landscape Ecology* 26 (5), S. 683-696.
- FABIS, J. (1995): Retentionsleistung von Uferstreifen im Mittelgebirgsraum. Boden und Landschaft. Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie, Band 2, Gießen, Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung, 149 S.



- FORMAN, R. T. T., BAUDRY, J. (1984): Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environmental Management* 8, No 6, S. 495-510.
- FÜRST, D., SCHOLLES, F. (Hrsg.) (2008): *Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung*. Rohn, 656 S.
- GARBUTT, R. A., SPARKS, T. H. (2002): Changes in the botanical diversity of a species rich ancient hedgerow between two surveys (1971–1998). *Biological Conservation* 106, S. 273–278.
- GELLING, M., MACDONALD, D. W., MATHEWS, F. (2007): Are hedgerows the route to increase farmland small mammal density? Use of hedgerows in British pastoral habitats. *Landscape Ecology* 22, S. 1019-1032.
- GENUCHTEN, M. T. VAN (1980): A Closed-Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. *Soil Science Society of America*, 44, S. 892-898.
- GENUCHTEN, M. T. VAN, LEIJ, F. J., YATES, S. R. (1991): The RETC Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils. EPA Report 600/2-91/065, U.S. Salinity Laboratory, USDA-ARS, Riverside, California, 85 S.
- GERBER, S. (2009): Anwendung von multifunktionaler Landschaftsbewertung und hydrologischer Modellierung zur Bewertung der Einflüsse einer geänderten Landnutzung auf den Wasserhaushalt im Mittelgebirge, Dissertation, TU Dresden, 131 S.
- GHAZAVI, G., THOMAS, Z., HAMON, Y. J., MARIE, C., CORSON, M., MEROT, P. (2008): Hedgerow impacts on soil-water transfer due to rainfall interception and root-water uptake. *Hydrological Processes* 22, S. 4723–4735.
- GHAZAVI, R., THOMAS, Z., HAMON, Y., MEROT, P. (2011): Soil water movement under a bottomland hedgerow during contrasting meteorological conditions. *Hydrological Processes* 25, S. 1431–1442.
- GILLEY, J. E., EGHBALL, B., KRAMER, L. A., MOORMANN, T. B. (2000): Narrow grass hedge effects on runoff and soil loss. *Journal Soil Water Conservation* 55, S. 190-196.
- GLÜCK, E., KREISEL, A. (1986): Die Hecke als Lebensraum. Refugium und Vernetzungsstruktur und ihre Bedeutung für die Dispersion von Waldcarabiden.- *Laufener Seminarbeiträge* 10, S. 64-83.
- GÖRNER, M., WEGENER, U. (1978): Auswirkungen der Intensivierung in der Landwirtschaft auf die Vogelwelt. – *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen* 15, S.26-35.
- GRAF, H. G. (2002): *Global Scenarios. Megatrends in Worldwide Dynamics*. Rüegger, Chur, Zürich, 215 S.
- GREGORY, P. J. (2006): *Plant Roots. Growth, Activity and Interaction with soils*. Blackwell publishing Oxford.
- GROOT, J. C.J., JELLEMA, A., ROSSING, W. A. H. (2010): Designing a hedgerow network in a multifunctional agricultural landscape: Balancing trade-offs among ecological quality, landscape character and implementation costs. *European Journal of Agronomy* 32, S. 112-119.
- GROSCH, J. (2006): *Geschichte der Landnutzung an ausgewählten Teileinzugsgebieten der Wilden Weißeritz in den letzten Jahrhunderten*. Studienarbeit, AG Biologie/Ökologie, TU Bergakademie Freiberg. unveröffentlicht.

- GRÖBLER, A. (2006): Szenarioanalyse mit System-Dynamics-Modellen. In: WILMS, F. E. P. (Hrsg.) (2006): Szenariotechnik - Vom Umgang mit der Zukunft. Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, 411 S.
- GRUNDMANN, J. (2010): Analyse und Simulation von Unsicherheiten in der flächendifferenzierten Niederschlagsabflussmodellierung. Dissertation, TU Dresden, 154 S.
- GÜNTHER, A., NIGMANN, U., ACHTZIGER, R., GRUTTKE, H. (2005): Analyse der Gefährdungsursachen planungsrelevanter Tiergruppen in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz Bonn, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 605 S.
- HAARBECK, P. (1996): Alternative zur landwirtschaftlichen Flächennutzung auf Grenzstandorten in den neuen Bundesländern. – Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Köllen Druck Verlag GmbH Bonn, 279 S.
- HAASE, G., MANNSFELD, K. (Hrsg.) (2002): Naturraumeinheiten, Landschaftsfunktionen und Leitbilder am Beispiel von Sachsen. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Band 250, Deutsche Akademie für Landeskunde, Selbstverlag, Flensburg, 214 S.
- HACH, G., HÖTL, W. (1989): Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Wasserrückhalte-, Wasserreinhalte- und Speicherfähigkeit in der Landschaft. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung: S. 8-21.
- HACKER, H. (1998): Schmetterlinge und Sträucher. In: Sträucher in Wald und Flur – Bedeutung für Ökologie und Forstwirtschaft – Natürliche Vorkommen in Wald- und Feldgehölzen – Einzeldarstellung der Straucharten. Bayerischer Forstverein (Hrsg.) ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, S. 510-521.
- HACKER, H. (1998): Schmetterlinge und Sträucher. In: Sträucher in Wald und Flur – Bedeutung für Ökologie und Forstwirtschaft – Natürliche Vorkommen in Wald- und Feldgehölzen – Einzeldarstellung der Straucharten. Bayerischer Forstverein (Hrsg.) ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, S. 511-521.
- HAGEDORN, C. (2003): Kalibrierung des Wasserhaushalts-Simulations-Modells WaSiM-ETH für das Einzugsgebiet des Reichstädter Bachs. Diplomarbeit TU Bergakademie Freiberg, Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum, 87 S., unveröffentlicht.
- HANNON, L. E., SISK, T. D. (2009): Hedgerows in an agri-natural landscape: Potential habitat value for native bees. Biological Conservation 142 (10), S. 2140-2154.
- HARTH, M. (2006): Multikriterielle Bewertungsverfahren als Beitrag zur Entscheidungsfindung in der Landnutzungsplanung – unter besonderer Berücksichtigung der Adaptiven Conjoint-Analyse und der Discrete Choice Experiments. Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 334 S.
- HEMPEL, W. (2009): Die Pflanzenwelt Sachsens vom der Späteiszeit bis zur Gegenwart. Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt (Hrsg.), Leipziger Verlags- und Industriebuchbinderei GmbH, 248 S.
- HERTWIG, T. (2004): KliWEP - Abschätzung der Auswirkungen der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der Parthe. Teil 1: Parametrisierung, Anpassung und Kalibrierung des Bodenwasserhaushaltsmodells WaSiM-ETH für das Einzugsgebiet der Parthe sowie Berechnungen von drei Landnutzungsszenarien auf Grundlage der Klimaprognose für Sachsen. Abschlussbericht, 121 S.

- HERZON, I., MIKK, M. (2007): Farmers' perceptions of biodiversity and their willingness to enhance it through agri-environment schemes: A comparative study from Estonia and Finland. *Journal for Nature Conservation* 15, Issue 1, S. 10-25.
- HEUSINGER, G. (1984): Untersuchungen zum Brutvogelbestand verschiedener Heckengebiete.- In: ZWÖLFER, H., BAUER, G., HEUSINGER, G., STECHMANN, D. (Hrsg.) Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken. Beiheft 3, Teil 2 zu den Berichten der ANL, S. 99-122.
- HINSLEY, S. A., BELLAMY, P. E. (2000): The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: a review. *Journal of Environmental Management* 60, No. 6, S. 33-49.
- HOLLAND, J., FAHRIG, L. (2000): Effect of woody borders on insect density and diversity in crop fields: a landscape-scale analysis. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 78, S. 115-122.
- HOLM, K. (1991): Die Befragung 1 – Der Fragebogen – Die Stichprobe. 4. Auflage – A. Francke Verlag GmbH Tübingen, 209 S.
- IRRGANG, S. (2003): Waldstruktur und Waldverteilung - Optimierung der Funktion des Waldes für den Landschaftswasserhaushalt und den Hochwasserschutz. Veröffentlichungen der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, 18 S.
- JANSEN, S. (1992): Die strauchbewohnende Arthropodenfauna ostoberfränkischer Hecken und ihre Verwendung zur tierökologischen Bewertung. Diplomarbeit an der Universität Bayreuth, unveröffentlicht.
- JEDDELOH, V. H. (1979): Über die Wirkungen von Windschutzanlagen auf die Landwirtschaft. – Höhere Forstbehörde Rheinland Bonn, 107 S.
- JENKINS, L. (1997): Selecting a Variety of Futures for Scenario Development. *Technological Forecasting and Social Change* 55/1, 15-20.
- JONGMAN, R. (1995): Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. *Landscape and Urban Planning* 32, S. 169-183.
- JORDAN, H., ABRAHAM, T. (1995): Hydrogeologie: Grundlagen und Methoden; Regionale Hydrogeologie: Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. 2. Auflage, Stuttgart, Enke-Verlag, 603. S.
- JOYCE, K. A., HOLLAND, J. M., DONCASTER, C. P. (1999): Influences of hedgerow intersections and gaps on the movement of carabid beetles. *Bulletin of Entomological Research* 89: S. 523-531.
- KAPISCHKE, F. (2008): Vogelartengemeinschaften und Strukturdiversität von Hecken des Osterzgebirges. Studienarbeit TU Bergakademie Freiberg, AG Biologie / Ökologie, 50 S. + Anhang, unveröffentlicht.
- KAULE, G. (1991): Arten- und Biotopschutz. 2. Auflage - UTB für Wissenschaft: Große Reihe: Landschaftsökologie und Landschaftsplanung, Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart, 519 S.
- KAULFUß, W. (1997): Veränderungen der Agrarlandschaft im sächsischen Mittelgebirgsraum (Osterzgebirge). – In: Dresdner Geographische Beiträge Heft 1. – Institut für Geographie Technische Universität Dresden, S. 23-37
- KAULFUß, W. (1999): Im Quellgebiet der Müglitz; Natur- und Kulturraumführer im Sächsisch-böhmischen Grenzgebiet. – In: Dresdener Geographische Beiträge Sonderheft 1 – Technische Universität Dresden Institut für Geographie, 75 S.

- KAZENWADEL, G., PLOEG, B. VAN DER, BAUDOUX, P., HÄRING, G. (1998): Sociological and economic factors influencing farmers' participation in agri-environmental schemes. In: DABBERT, S., DUBGAARD, A., SLANGEN, L., WHITBY, M. (Hrsg.) The economics of landscape and wildlife conservation. S. 187-203.
- KIRPICH, Z. P. (1940): Time of concentration of small agricultural watersheds. Civil Engineering 10 (6), 362 S.
- KLOCKOW, S., LÜDTKE, U., MEYER, H. (1987): Bewertungsverfahren in der Straßenplanung. Fallbeispiel für die Linienbestimmung nach § 16 FStrG mit Hilfe der RAS-W. Straße und Autobahn 38 (10), S. 372-376.
- KNAUER, N. (1990): Bedeutung der Hecken im Agrarökosystem. In: Bericht über die Fachtagung und Maschinenvorführung - Feldgehölze als Lebensraum, Ökologischer Wert, Gestaltung und Pflege. Schriftenreihe Angewandter Naturschutz Band 10. Naturlandstiftung Hessen e.V. Mittelhessische Druck- und Verlagsgesellschaft mbH, Gießen, 117 S.
- KNAUER, N. (1993): Ökologie und Landwirtschaft: Situation – Konflikte – Lösungen. Ulmer GmbH & Co Stuttgart, 280 S.
- KOHLER, B. (2006): Externe Effekte der Laufwasserkraftnutzung. Dissertation Universität Stuttgart, 152 S.
- KREISSTATISTIK SACHSEN (2007).  
<http://www.statistik.sachsen.de/Index/22kreis/unterseite22.htm>      letzter Aufruf 09.09.2011
- KREITER, T. (2004): Flussgebietsmodell Blies. Seminarreihe „Regionale Wasserwirtschaft in Theorie und Praxis“, 14. Oktober 2004, online veröffentlicht <http://ubt.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2004/284>, S. 85-97.
- KREITER, T. (2007): Dezentrale und naturnahe Retentionsmaßnahmen als Beitrag zum Hochwasserschutz in mesoskaligen Einzugsgebieten der Mittelgebirge. Dissertation, Universität Trier. 273 S.
- KREUTZ, W. (1952): Der Windschutz – Windschutzmethodik, Klima und Bodenertrag. Verwaltung des Provinzialverbandes Westfalen Amt für Landespflege, Ardey Verlag Dortmund, 167 S.
- KROMREY, H. (1990): Empirische Sozialforschung. Modelle und Methoden der Datenerhebung und Datenauswertung. 4. Auflage - Leske Verlag + Budrich GmbH Opladen, 339 S.
- KROMREY, H. (2006): Empirische Sozialforschung. Modelle und Methoden der standardisierten Datenerhebung und Datenauswertung. 11. Auflage – Lucius & Lucius Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 565 S.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LfU) (2002): Hydraulik naturnaher Fließgewässer. Oberirdische Gewässer - Teil 1 – Grundlagen und empirische hydraulische Berechnungsverfahren, Gewässerökologie 74. –. Karlsruhe, 93 S.
- LANG, S., TIEDE, D. (2003): vLATE Extension für ArcGIS - vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse, ESRI Anwenderkonferenz 2003 Innsbruck. CD-ROM.
- LANGE, B., LUESCHER, P., GERMANN, P. F. (2008): Significance of tree roots for preferential infiltration in stagnic soils. Hydrological Earth System Science Discussion 5, S. 2373–2407.

- LEFEUVTE, J. L., MISSONNIER, J., ROBERT, Y. (1976): Carcterisation zoologique, ecologie Animale les Bocages. In: RICHARDS T., FORMAN, T., BAUDRY J. (1984): Hedgerows and hedgerow networks in Landscape Ecology. Environmental Management 8, No. 6, S. 495-510.
- LEICHT, H. (2008): Synergien zwischen Wasserwirtschaft und Naturschutz beim Wasserrückhalt in der Fläche. In: Mitteilungen des Institutes für Wasserwesen Universität der Bundeswehr München, Oldenbourg Industrieverlag, Heft 100, S. 21-31.
- LERCH, G. (1991): Pflanzenökologie. Akademie Verlag Berlin, 535 S.
- LESER, H., HAAS, H.-D., MOSIMANN, T., PAESLER, R. (1997): Diercke - Wörterbuch der Allgemeinen Geographie.-Westermann Deutscher Taschenbuch Verlag München, 1026 S.
- LFW (2001): Bemessung von Misch- und Regenwasserkanälen - Modellregengruppen für die hydraulische Berechnung von Entwässerungsanlagen. Merkblatt Nr. 4.3/3 vom 19. Oktober 2001.
- LOON, VAN E., STROOSNIJDER, L. (2000): A Modelling Strategy to Design Hedgerow Barrier Systems for Water Conservation in the Sahel. Physics and Chemistry of the Earth, Part B, Hydrology, Oceans and Atmosphere 25(3), S. 297-302.
- MACDONALD, D. W., JOHNSON, P. J. (1995): The relationship between bird distribution and the botanical and structural characteristics of hedges. Journal of Applied Ecology 32, S. 492-505.
- MADER, H.-J. (1984): In: RINGLER, A., ROSSMANN, D., STEIDL, I. (1997): Lebensraumtyp Hecken und Feldgehölze. - Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.12 (Alpeninstitut Bremen GmbH, Projektleiter A. Ringler). - Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), München, 523 S.
- MADER, H.-J., MÜLLER, K. (1984): Der Zusammenhang zwischen Heckenlänge und Artenvielfalt. In: Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 25, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, S. 293-299.
- MANNSFELD, K., RICHTER, H. (1995): Naturräume in Sachsen. – Forschung zur deutschen Landeskunde Band 238, Zentrallausschuss für deutsche Landeskunde, Selbstverlag Trier, 228 S.
- MARQUARDT, G. (1950): Die Schleswig-Holsteinische Knicklandschaft. — Schriften des Geographischen Instituts der Universität Kiel 13, S. 1-100.
- MARSCHALL, I., BRUNS, D. (2002): Mythos Hecke. Funktionswandel und Idealisierung von Hecken in der Agrarlandschaft. – Naturschutz und Landschaftsplanung 34 (4), S. 113-119.
- MAURER, T. (1997): Physikalisch begründete, zeitkontinuierliche Modellierung des Wassertransports in kleinen ländlichen Einzugsgebieten. Dissertation, Universität Karlsruhe, 238 S.
- MERCKX, T., FEBER, R. E., MCLAUGHLAN, C., BOURN, N. A. D., PARSONS, M. S., TOWNSEND, M. C., RIORDAN, P., MACDONALD, D. W. (2010): Shelter benefits less mobile moth species: The field-scale effect of hedgerow trees. Agriculture, Ecosystems & Environment 138 (4), S. 147-151.
- MEROT, P. (1999): The influence of hedgerow systems on the hydrology of agricultural catchments in a temperate climate. Agronomie 19, S. 655-669.

- MERTING, G. (2005): Der Einfluss von Standortparametern auf die Landnutzung im Osterzgebirge am Beispiel des Reichstädter Baches, Diplomarbeit TU Bergakademie Freiberg, Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum, 194 S., unveröffentlicht.
- MEYER, B. C., HIRT, U., MEWES, M. (2003): Landschaftsstrukturen zur Ableitung von Landschaftsindikatoren im Einzugsgebiet der mittleren Mulde. UFZ Bericht 5/2003. Leipzig. 86 S.
- MICHEL, N., BUREL, F., LEGENDRE, P., BUTET, A. (2007): Role of habitat and landscape in structuring small mammal assemblages in hedgerow networks of contrasted farming landscapes in Brittany, France. *Landscape Ecology* 22, S. 1241-1253.
- MISSONNIER, J., CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (FRANCE), INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (FRANCE), E.N.S.A. (SCHOOL: RENNES, FRANCE), UNIVERSITE DE RENNES. (1976): Les Bocages: histoire, ecologie, economie: table ronde C.N.R.S.: aspects physiques, biologiques et humains des ecosystèmes bocagers des régions tempérées humides, 5, 6 et 7 juillet 1976 / I.N.R.A., E.N.S.A. et Université de Rennes; [responsable de la publication, J. Missonnier] E.D.I.F.A.T.-O.P.I.D.A. – In: RICHARDS T., FORMAN, T., BAUDRY J. (1984): Hedgerows and hedgerow networks in *Landscape Ecology*. *Environmental Management* 8, No. 6, S. 495-510.
- MOESCHKE, H. (1998): Abflussgeschehen im Bergwald – Untersuchungen in drei bewaldeten Kleineinzugsgebieten im Flysch der Tegernseer Berge. *Forstliche Forschungsberichte München*, Nr. 169, Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 206 S.
- MORRIS, C., POTTER, C. (1995): Recruiting the new conservationists: Farmers' adoption of agri-environmental schemes in the U.K. *Journal of Rural Studies* 11, Issue 1, S. 51-63.
- MÖBMER, R. (2003): Vorbeugender Hochwasserschutz im Wald – Umsetzung im praktischen Forstbetrieb, aus LWF Wissen 40, Berichte der Bayrischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising, 74 S.
- MÜHLENBERG, M., SLOWIK, J. (1997): Kulturlandschaft als Lebensraum. Quelle und Meyer Verlag GmbH & Co Wiesbaden, 312 S.
- MÜLLER, F. (1998): Struktur und Dynamik von Flora und Vegetation (Gehölz-, Saum-, Moos-, Flechtengesellschaften) auf Lesesteinwällen (Steinrücken) im Erzgebirge - Ein Beitrag zur Vegetationsökologie linearer Strukturen in der Agrarlandschaft. - *Dissertationes Botanicae* 295, Berlin, Stuttgart. 296 S.
- MÜLLER, J. (1990): Funktionen von Hecken und deren Flächenbedarf vor dem Hintergrund der landschaftsökologischen und – ästhetischen Defizite auf den Mainfränkischen Gäuflächen. *Würzburger Geographische Arbeiten, Mitteilungen der geographischen Gesellschaft Würzburg*, Selbstverlag des Institutes für Geographie der Universität Würzburg in Verbindung mit der Geographischen Gesellschaft Würzburg. 318 S.
- MÜLLER, T. (1956): Versuche über die Windschutzwirkung von Hecken auf der Schwäbischen Alb – Neue Bibliographie zum Windschutz- und Heckenproblem. Akademie für Raumforschung und Landesplanung Hannover, 59 S.
- NACHTNEBEL, H. P. (2008): Wirkung von land- und forstwirtschaftlichen Nutzungen auf die Abflussbildung. In: *Mitteilungen des Institutes für Wasserwesen Universität der Bundeswehr München*, Oldenbourg Industrieverlag, Heft 100, S. 51-61.
- NATURSCHUTZZENTRUM ANNABERG (1999): Projekt: Naturschutzfachliche Untersuchungen zum Demonstrationsvorhaben Wiederherstellung und Erhaltung der Ackerterrassen und

- Waldhufenfluren im Pöhlberggebiet (Landkreis Annaberg). Naturschutzzentrum Annaberg gemeinnützige GmbH Schlettau, 237 S.
- NAUMANN, S., KURZER, H.-J. (2010): Etablierung eines Entscheidungshilfesystems zur Erstellung von Managementplänen auf Einzugsgebietsebene. Schriftenreihe des Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Referat Bodenkultur, Heft 7/2010, 144 S.
- NIEHOFF, D. (2001): Modellierung des Einflusses der Landnutzung auf die Hochwasserentstehung in der Mesoskala. Dissertation Universität Potsdam, Institut für Klimafolgenforschung e.V., 144 S.
- NITSCHKE, G., PLACHTER, H. (1987): Atlas der Brutvögel Bayerns. auf der Grundlage der Kartierungsergebnisse zahlreicher ehrenamtlicher Mitarbeiter 1979-1983. Ornithologische Gesellschaft in Bayern, München, 269 S.
- ORESZCZYN, S., LANE, A. (2000): The meaning of hedgerows in the English landscape: Different stakeholder perspectives and the implication for future hedge management. *Journal of Environmental Management* 60, No. 6, S. 101-118.
- PAN PLANUNGSBÜRO FÜR ANGEWANDTEN NATURSCHUTZ GMBH (2006): Übersicht zur Abschätzung von maximalen Entfernungen zwischen Biotopen für Tierpopulationen in Bayern, Stand Dezember 2006, <http://www.pan-gmbh.com/dload/TabEntfernungen.pdf>
- PARISH, T., LAKHANI, K. H., SPARKS, T. H. (1995): Modelling the relationship between bird population variables and hedgerow and other field margin attributes. II. Abundance of individual species and groups of similar species. *Journal of Applied Ecology* 32, S. 362-371.
- PAVLIK, D. (2007): Entwicklung und Anwendung eines Modells zur Quantifizierung und Prognose von Huminstoffeinträgen in Oberflächengewässer. Beiträge zur Landschaftsforschung Bd. 5, Rhombos, Berlin, 250 S.
- PEITZMEIER, J. (1950): In: RINGLER, A., ROSSMANN, D., STEIDL, I. (1997): Lebensraumtyp Hecken und Feldgehölze. - Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.12 (Alpeninstitut Bremen GmbH, Projektleiter A. Ringler). - Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), München, 523 S.
- PETERJOHN, W. T., CORRELL, D. L. (1984): Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observation on the role of a riparian forest. *Ecology* 65, S. 1466-1475.
- PFISTER, H. P., NAEF-DAENZER, B. (1987): Der Neuntöters und andere Heckenbrüter in der modernen Kulturlandschaft. Beihefte Veröffentlichung für Naturschutz u. Landschaftspflege Baden-Württemberg 48, S. 147-157.
- PFLÜGNER, W. (1989): Nutzwertanalytische Absätze zur Planungsunterstützung und Projektbewertung. Beiträge des DVWK Fachausschusses Projektplanungs- und Bewertungsverfahren. DVWK Mitteilungen 19, 253 S.
- PÖHLER, H. A. (2006): Niederschlagabflussmodellierung im Osterzgebirge. Anpassung des Modells WaSiM-ETH und die Berechnung von Landnutzungs- und Klimaszenarien. Dissertation, TU Bergakademie Freiberg, 134 S.
- POLLARD, E. HOPPER M. D., MOORE, N. W. (1974): Hedges. In: RICHARDS T., FORMAN, T., BAUDRY J. (1984): Hedgerows and hedgerow networks in Landscape Ecology. *Environmental Management* 8, No. 6, S. 495-510.
- PUCHSTEIN, K. (1980): Zur Vogelwelt der schleswig-holsteinischen Knicklandschaft mit einer ornithoökologischen Bewertung der Knickstrukturen. - *Corax* 8, S. 62-106.



- RACHMANN, A., ANDERSON, S. H., GANTZER, C. J., ALBERTS, E. E. (2004a): Soil hydraulic properties influenced by stiff-stemmed grass hedge systems. *Soil Science Society of America Journal* 68, S. 1386-1393.
- RACHMANN, A., ANDERSON, S. H., GANTZER, C. J., THOMPSON, A. L. (2004b): Influence of stiff-stemmed grass hedge systems on infiltration. *Soil Science Society of America Journal* 68, S. 2000-2006.
- RAHMSTORF, S., SCHELLNHUBER, H-J. (2006): *Der Klimawandel : Diagnose, Prognose, Therapie*. Beck'sche Reihe, 2366, C. H. Beck Wissen, 3., aktualisierte Auflage, 144 S.
- REIBNITZ, U. v. (1992): *Szenario-Technik: Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung*. 2. Auflage, Gabler, Wiesbaden, 279 S.
- REIF, A. (1983): Nordbayrische Heckengesellschaften. *Hoppea* 41, S. 3-205.
- REIF, A. (1985): Flora und Vegetation der Hecken des Hinteren und Südlichen Bayrischen Waldes. *Hoppea* 44, S. 179-276.
- REIF, A., ACHTZIGER, R. (2000): Biotoptypen XI-2.2: Gebüsch, Hecken, Waldmäntel, Feldgehölze (Strauchformationen).- In: KONOLD, W., BÖCKER, R., HAMPICKE, U. (Hrsg.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*, Ecomed-Verlag, Landsberg 1. Erg. Lfg. 3/00, 46 S.
- REIF, A., ACHTZIGER, R. (2001): Landschaftspflege in verschiedenen Lebensräumen: XIII-7.2 Gebüsch, Hecken, Waldmäntel, Feldgehölze. - In: BÖCKER, R., HAMPICKE, U., KONOLD, W. (Hrsg.): *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. - 6. Erg. Lfg. 10/01. - ecomed-Verlag, Landsberg, S. 1-20.
- REIF, A., AULIG, G. (1990): Neupflanzung von Hecken im Rahmen von Flurbereinigungsmaßnahmen: Voraussetzungen, historische Entwicklung der Pflanzkonzepte sowie Entwicklung der Vegetation gepflanzter Hecken. - *Berichte der ANL* 14, S. 185-220
- REIF, A., NICKEL, E. (2000): Pflanzung von Gehölzen und "Begrünung". Ausgleich oder Eingriff in Natur und Landschaft. - *Naturschutz und Landschaftsplanung*. 32 (10), S. 299-308.
- REIF, A., JENS, T., KAPP, G., ESSMANN, H., (1995): Windschutzhecken am südlichen Oberrhein - Zustand, Pflegedefizite und Empfehlungen für künftige Pflanzungen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 27, S. 12-19.
- REIF, A., RICHERT, E. (1995): Naturnahe Hecken durch Verwendung autochthoner Gehölze. *Materialien zur ländlichen Entwicklung* 33, S. 5-59.
- REIF, A., SCHULZE, E.-D., ZAHNER, K. (1982): Der Einfluss des geologischen Untergrundes, der Hangneigung, der Feldgröße und der Flurbereinigung auf die Heckendichte in Oberfranken. - In: *Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege* (Hrsg.), *Berichte der ANL* 6, S. 231-253.
- RICH, T. C. G., CLEMENTS, D. K., LEWIS, J., MOORE, L. (2000): A comparison of four methods used to survey hedgerows: The Cardiff Hedgerow Survey 1998. *Journal of Environmental Management* 60, No. 6, S. 91-100.
- RICHARDS, L. A. (1931): Capillary conduction of liquids through porous mediums. *Physics*, 1, S. 318-333.
- RICHARDS, P. W. M. (1928): Ecological notes on the bryophytes of Middlesex. In: RICHARDS T., FORMAN, T., BAUDRY J. (1984): Hedgerows and hedgerow networks in Landscape Ecology. *Environmental Management* 8, No. 6, S. 495-510.



- RICHERT, E., ACHTZIGER, R., SEIDLER, C., MERTA, M., MATSCHULLAT, J., RÜTER, S., WILHELM, E.-G., SCHMIDT, P. A., ZOCHER, J., ROCH, T. (2007b): DBU-Broschüre "Wasser + Landschaft - Arbeitsgrundlage zur Optimierung einer nachhaltigen Landnutzung aus Sicht des Hochwasserschutzes und des Natur- und Landschaftsschutzes". Deutsche Bundesstiftung Umwelt und Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum (IÖZ) der TU Bergakademie Freiberg (Hrsg.). S. 16.
- RICHERT, E., BIANCHIN, S., HEILMEIER, H., MATSCHULLAT, J., SEIDLER, C., MERTA, M., HAMMER, G., LENZ, U. (2007a): Hochwasser- und Naturschutz im Weißeritzkreis. - Endbericht an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück, unveröffentlicht.
- RICHTER, H. (1960): Hochraine, Steinrücken und Feldhecken im Erzgebirge. In: Wissenschaftliche Veröffentlichungen des Deutschen Instituts für Länderkunde Neue Folge 17/18. Verlag Enzyklopädie Leipzig, S. 283-321.
- RIECKEN, U., FINCK, P., RATHS, U., SCHRÖDER, E., SSYMANK, A. (2006): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. 2. Auflage. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 34, Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 318 S.
- RIEGER, W., DISSE, M. (2009): Prozessnahe Simulation von landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen und Landnutzungsänderungen als Nachweisinstrument für den dezentralen Hochwasserschutz. In: Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 26, S. 137-142.
- RINGLER, A., ROSSMANN, D., STEIDL, I. (1997): Lebensraumtyp Hecken und Feldgehölze. - Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.12 (Alpeninstitut Bremen GmbH, Projektleiter A. Ringler). - Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), München, 523 S.
- RÖDER, M., BERNHARDT, A., RICHTER, H. (2008): Erzgebirge. In: MANNSFELD, K., SYRBE, R.-U. (Hrsg.) Naturräume in Sachsen. Forschungen zur Deutschen Landeskunde Band 257, Deutsche Akademie für Landeskunde, Selbstverlag Leipzig, 288 S.
- RODRIGUEZ, O. S. (1997): Hedgerows and mulch as soil conservation measures evaluated under field simulated rainfall. Soil Technology 11, S. 79-93.
- ROHDENBURG, H. (1989): Methods for the analysis of agro-ecosystems in Central Europe, with emphasis on geocological aspects. Catena 16, S. 1-57.
- RÖSER, B. (1989): Saum- und Kleinbiotope - Ökologische Funktion, wirtschaftliche Bedeutung und Schutzwürdigkeit in Agrarlandschaften. Ecomed Verlagsgesellschaft GmbH Landsberg/Lech, 258 S.
- ROTH, D. (1999): Probleme und Lösungswege beim Erhalt und bei der Neuanlage ökologisch wertvoller Biotope und Strukturelemente im Agrarraum. Vortrag, gehalten auf dem 3. Sächsischen Naturschutztag am 16.10.1999 in Leipzig
- ROTH, D., SCHWABE, M. (1998): Erfordernisse zum Erhalt und zur Erweiterung von Strukturelementen im Agrarraum als Lebensräume für die heimische Flora. In: Einfluss der Großflächen-Landwirtschaft auf die Flora – Kolloquium unter Schirmherrschaft des Thüringer Ministers für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt Jena, 16. April 1998, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft Naturschutz und Umwelt. Offizin Hildburghausen GmbH, Druckhaus Erfurt, 80 S.
- ROTTER, M., KNEITZ, G. (1977): Die Fauna der Hecken und Feldgehölze und ihre Beziehung zur umgebenden Agrarlandschaft. - Waldhygiene 12 (1-3), S. 1-82.

- RYSZKOWSKI, L. (1989): Control of energy and matter fluxes in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 27, S. 107-118.
- RYSZKOWSKI, L., KEDZIORA, A. (1987): Impact of agricultural landscape structure an energy flow and water cycling. *Landscape Ecology* 1, S. 85-94.
- RYSZKOWSKI, L., KEDZIORA, A. (1993): Energy control of matter fluxes through land-water ecotones in an agricultural landscape. *Hydrobiologia* 251, S. 239–258.
- RYSZKOWSKI, L., KEDZIORA, A. (2007): Modification of water flows and nitrogen fluxes by shelterbelts. *Ecological Engineering* 29, S. 388-400.
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2004): Bodenschutz in der Landwirtschaft. RT Reprotechnik.de GmbH, 50 S.
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2006): Möglichkeiten der ländlichen Entwicklung zur Unterstützung eines dezentralen Hochwasserschutzes. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 11/2006, 95 S. + Anhang.
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2007): Erzeugerpreisbericht 2007 für landwirtschaftliche Produkte im Freistaat Sachsen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 118 S.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1996): Bodenatlas des Freistaates Sachsen – Teil 2 – Standortkundliche Verhältnisse und Bodennutzung – Materialien zum Bodenschutz – Übersicht über Bodenzustand und Bodennutzung auf der Basis von Gemeindeflächen. Löbnitz-Druck GmbH Radebeul, 73 S
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1999): Rote Liste Wirbeltiere – Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Löbnitz-Druck GmbH Radebeul, 23 S.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2000): Umweltqualitätsziele auf die Füße stellen - Umweltverträgliche Land- und Flächennutzung Band III: Land- und Forstwirtschaft. Freistaat Sachsen, 55 S.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2002): Hydrologisches Handbuch, Teile 1-3, Stand: Januar 2002. 153 S.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2006): Hydrologisches Handbuch, Teil 1: Pegelverzeichnis. Löbnitz-Druck GmbH Radebeul, 47 S.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (2007): Umweltbericht 2007. Druckerei Wagner GmbH Dresden, 124 S.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (2008): Sächsischer Agrarbericht 2008. Heimrich & Hannot GmbH, Dresden, Druckfabrik Dresden GmbH, 119 S.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (2009): Agrarbericht in Zahlen. digitales Format verfügbar unter [www.publikationen.sachsen.de](http://www.publikationen.sachsen.de), 91 S.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (2010a): Kompendium Klima - Sachsen im Klimawandel. Lausitzer Druck- und Verlagshaus GmbH, 91 S.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (2010b): Erosionsschutz in reliefbedingten Abflussbahnen - Entwicklung von Umsetzungsstrategien und -planungen für eine natur- und bodenschutzgerechte dauerhafte Begrünung von besonders erosionswirksamen Abflussbahnen. Schriftenreihe, Heft 13/2010, 92 S.

- SAUNDERS, D. A., HOBBS, R. J. (eds) (1991): Nature Conservation 2: The role of Corridors. London, Surrey Beatty and Sons, 456 S.
- SCHELHORN, H. (1982): Die Hecken in der Kulturlandschaft aus der Sicht der Landwirtschaft heute. In: Hecken und Flurgehölze – Struktur, Funktion und Bewertung Laufener Seminarbeiträge 5/82 Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), Laufen/Salzach, S.101-103.
- SCHILLING, G. (1990): Pflanzenernährung und Düngung - 1 : Pflanzenernährung. Deutscher Landwirtschaftsverlag, 240 S.
- SCHMELMER, K., HAIDER, J., BOTSCHEK, J., SKOWRONEK, A. (1998): Sedimentretention von Grasfilterstreifen auf ackerbaulich genutzten Flächen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DGB), Oldenburg, Heft 88, S. 515-519.
- SCHMID, M. (1997): Wirkungsanalytischer Ansatz bei der Festlegung von Mindestabflüssen in großen Fließgewässern - Application of ecological impact analysis for determining instream flow requirements in large diverted streams. Wasserwirtschaft 87 Nr.7/8, S.344-345.
- SCHMIDT, C. (2008): Möglichkeiten für die Neuanlage von Landschaftselementen in der Agrarlandschaft am Beispiel von landwirtschaftlichen Betrieben in zwei Regionen Sachsens. Diplomarbeit HTW Dresden, Studiengang Landespflege, 139 S., unveröffentlicht.
- SCHMIDT, O. (1998): Vögel und Sträucher. In: Sträucher in Wald und Flur – Bedeutung für Ökologie und Forstwirtschaft – Natürliche Vorkommen in Wald- und Feldgehölzen – Einzeldarstellung der Straucharten. Bayerischer Forstverein (Hrsg.) ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, S. 499-509.
- SCHNELL, R., HILL, P. B., ESSER, E. (1999): Methoden der empirischen Sozialforschung. 6. Auflage – R. Oldenbourg Verlag München, 535 S.
- SCHÖNE, S. (2004): Modellierung der Evapotranspiration und Interzeption unterschiedlicher Vegetationseinheiten in Teileinzugsgebieten der Roten Weißeritz (Osterzgebirge). Diplomarbeit TU Bergakademie Freiberg, Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum, 174 S., unveröffentlicht.
- SCHÖNWIESE, C.-D. (2008): Extremereignisse aus meteorologisch-statistischer Sicht. promet, Jahrgang 34, Nr. 1/2, S. 61-65.
- SCHREINER, J. (1984): In: RINGLER, A., ROSSMANN, D., STEIDL, I. (1997): Lebensraumtyp Hecken und Feldgehölze. - Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.12 (Alpeninstitut Bremen GmbH, Projektleiter A. Ringler). - Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), München, 523 S.
- SCHRÖDER, H. (1988): Primärproduktion von Gehölzpflanzen in Wallhecken vom Schlehen-Hasel-Typ, Bedeutung solcher Hecken für Vögel und Arthropoden, sowie einige Pflanzennährstoffbeziehungen zum angrenzenden intensiv bewirtschafteten Feld. – Schriftenreihe Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie der Christian-Albrecht-Universität Kiel, Heft 7, 192 S.
- SCHRÖDER, W., EULER, G., SCHNEIDER, F.-K., KNAUF, D. (1994): Grundlagen des Wasserbaus - Hydrologie, Hydraulik, Wasserrecht. 3. Auflage, Werner-Verlag, Düsseldorf, 259 S.
- SCHRÖDTER, H. (1985): Verdunstung. Anwendungsorientierte Messverfahren und Bestimmungsmethoden. Springer, 186 S.

- SCHÜLER, G. (2006): Identification of flood-generating forest areas and forestry measures for water retention. *Forest, Snow Landscape Research*, 80, S. 99-114.
- SCHULLA, J. (1997): Hydrologische Modellierung von Flussgebieten zur Abschätzung der Folgen von Klimaänderungen. Dissertation ETH, Verlag Geographisches Institut ETH Zürich, 163 S.
- SCHULLA, J., JASPER, K. (1998) Modellbeschreibung WaSiM-ETH, Stand 21. Dezember 1998.
- SCHULTE, A., BÖLSCHER, J., REINHARDT, CH., RAMELOW, M., WENZEL, R. (2009): Potentiale des dezentralen Hochwasserrückhalts im Mittleren Erzgebirge – Ergebnisse der Modellierungen mit NASIM und WaSiM-ETH. –Korrespondenz Wasserwirtschaft 3/09: S. 151-158.
- SCHWENDEL, A. (2006): Fließgewässer und Aue - Kartierung und Bewertung hydromorphologischer und ökologischer Komponenten am Beispiel der Weißeritz (Osterzgebirge/Sachsen). Diplomarbeit TU Bergakademie Freiberg, AG Biologie / Ökologie, 94 S. + Anhänge, unveröffentlicht.
- SEIFERT, J., ZIEROLD, T. (2000): Steinrückenhecken bei Großrückerswalde - Struktur, Vegetation und Vogelfauna. – Studienarbeit TU Bergakademie Freiberg, AG Biologie / Ökologie, 60 Seiten + Anhang, unveröffentlicht.
- SEQUEIRA, M. (2003): Landnutzungsänderungen und deren Folgen auf den Wasserhaushalt. Niederschlags-Abfluss-Modellierungen im Einzugsgebiet der Weißeritz, Sachsen. Diplomarbeit Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der TU Bergakademie Freiberg, 99 S., unveröffentlicht.
- SIEKER, F., WILCKE D., REICH, M., RÜTER, S., JASPER, J., SALZMANN, M., SCHMIDT, W. A., ZACHARIAS, S., NITZSCHE, O. (2007): Abschlussbericht zum Forschungsprojekt „Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte - am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde in Sachsen“, DBU AZ 21467, 269 S. + Anlagen.
- SOLARGO (Hrsg.) (2000): Bäume, Hecken und Wasser – Die Bedeutung von Gehölzen für den Wasserhaushalt in Agrarlandschaften. Broschüre der Europäischen Kommission Generaldirektion Umwelt, dem Ministerium für Raumordnung und dem Ministerium für Landwirtschaft und Fischerei, 32 S.
- SPAHL, H. (1990): Hecken und Feldgehölze – Die Funktion von Hecken und Feldgehölzen Heckenkartierung im Nördlichen Breisgau. – Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 144, Freiburg, 113 S.
- SPAHL, H., VIEHMANN, K. (1987): Die Kartierung landschaftlicher Kleinstrukturen im nördlichen Breisgau — dargestellt am Beispiel der Gemeinde Teningen. — *Natur und Landschaft* 62 (2), 69—73.
- SPREIER, B. (1984): Hecken in Flurbereinigungsgebieten als Inselbiotope. - *Laufener Seminarbeiträge*, 7, 39-48.
- STARKMANN, T. (1992): Neue und alte Hecken im Münsterland. Ökologie, Planung und Pflege von Neuanpflanzungen in der freien Landschaft. Schriftenreihe des Westfälischen Amtes für Landespflge Heft 2, Münster, 126 S.
- STEFFENS, R., KRETZSCHMAR, R., RAU, S. (1998): Atlas der Brutvögel Sachsens. Materialien zu Natur- und Landschaftspflege. Lößnitz-Druck GmbH, 132 S.
- STEINER-HAREMAKER, I., STEINER, D. (1961): Zur Verbreitung und geographischen Bedeutung der Grünhecken in der Schweiz. — *Geographica Helvetica* 16, S. 61-76.

- STICKROTH, H., SCHMITT, G., ACHTZIGER, R., NIGMANN, U., RICHERT, E., HEILMEIER, H. (2003): Konzept für ein naturschutzorientiertes Tierartenmonitoring am Beispiel der Vogelfauna. – BFN-Schriftenreihe Angewandte Landschaftsökologie, Heft 50, 398 S.
- STREETER, D., RICHARDSON, R., DREYER, W. (1985): Hecken – Lebensadern der Landschaft. Deutscher Taschenbuchverlag GmbH & Co. KG, München, 197 S.
- STRICKLER, A. (1923): Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauigkeitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Leitungen. Mitteilungen des Eidgenössigen Amtes für Wasserwirtschaft, Nr. 16, Bern. 113 S.
- SÜDBECK, P., BAUER, H-G., BOSCHERT, M., BOYE, P., KNIEF, W. (Nationales Gremium Rote Liste Vögel) (2007): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. 4. Fassung, 30. November 2007, 61 S.
- TATTERSALL, F. H., MACDONALD D. W., HART B. J., JOHNSON, P., MANLEY W., FEBER, R. (2002): Is habitat linearity important for small mammal communities on farmland? *Journal of Applied Ecology* 39, S. 643-652.
- THIELE, H. U. (1964): Experimentelle Untersuchungen über die Ursache der Biotopbindung bei Carabiden. *Zeitschrift für Morphologie Ökologie der Tiere*. 53, S. 387–452.
- THOMAS, S. (2009): Neuere Flurgehölzpflanzungen im Osterzgebirge mit großem Anteil nichteinheimischer Arten. In: Erkennen? Bewahren? Gestalten. Natur- und Heimatschutz für Sachsen, Hrsg.: Landesverein Sächsischer Heimatschutz e.V., Druckerei & Verlag Dober, Mügeln, S. 53-59.
- THOMAS, Z., MOLENAT, J., CAUBEL, V., GRIMALDI, C., MEROT, P. (2008): Simulating soil-water movement under a hedgerow surrounding a bottomland reveals the importance of transpiration in water balance. *Hydrological processes* 22, S. 577–585.
- THOB, W. (2010): Flora und Vegetation der Hecken auf Steinrücken und Hochrainen im Kirchberger Granitgebiet. Wissenschaftlicher Aufsatz, Grin Verlag, 224 S.
- TISCHLER, W. (1948): Biocönotische Untersuchungen an Wallhecken. - *Zoologisches Jahrbuch Systematik*. 77, S. 283-400.
- TISCHLER, W. (1950): Vergleichend-biozönotische Untersuchungen an Waldrand und Feldhecke (Ein Beitrag zum Problem der Übergangsbiozönosen). *Zoologische Anzeiger*, Supplement Band 45, S. 1000-1015.
- TISCHLER, W. (1980): *Biologie der Kulturlandschaft – Eine Einführung*. Fischer Verlag Stuttgart, 253 S.
- VANSLEMBROUCK, I., VAN HUYLENBROECK, G., VERBEKE, W. (2002): Determinants of the Willingness of Belgian Farmers to Participate in Agri-environmental Measures. *Journal of Agricultural Economics* 53, Number 3, S. 489-511.
- VIAUD, V., DURAND, P., MEROT, P., SAUBOUA, E., SAADI, Z. (2005): Modeling the impact of the spatial structure of a hedge network on the hydrology of a small catchment in a temperate climate. *Agricultural Water Management*, 74(2), S. 135–163.
- VOIGTLÄNDER, U., SCHELLER, W., MARTIN, C. (2001): Ursachen für die Unterschiede im biologischen Inventar der Agrarlandschaften in Ost- und Westdeutschland als Grundlage für die Ableitung naturschutzverträglicher Nutzungsverfahren – Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 808 02 005 des Bundesamtes für Naturschutz, Bundesamt für Naturschutz. - Bonn – Bad Godesberg, 408 S.
- WAHREN, A., FEGER, K. H., SCHWÄRZEL, K., DITTRICH I., MÜNCH, A. (2009b): Landnutzungsinduzierte Änderungen bodenhydraulischer Eigenschaften und deren

- Einfluss auf Wasserhaushalt und Hochwasserentstehung. In: FOHRER, N., SCHMALZ, B., HÖRMANN, G., BIEGER K. (Hrsg.): Hydrologische Systeme im Wandel. Beiträge zum Tag der Hydrologie am 26./27. März 2009 an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. S. 51 -57.
- WAHREN, A., SCHWÄRZEL, K., FEGER, K. H., MÜNCH, A. (2009a): Land-use effects on flood generation - considering soil hydraulic measurements in modeling. *Advances in Geosciences* 21, S. 99-107.
- WALLBERG-JACOBS, B. (1991): Integration von Naturschutz in die landwirtschaftliche Praxis – Vorgestellt anhand der Verträglichkeitsanalyse. Schriftenreihe Studien zur Agrarökologie, Band 3, Verlag Dr. Kovač Hamburg, 179 S.
- WALSH, A. L., HARRIS, S. (1996): Foraging habitat preferences of vespertilionid bats in Britain. *Journal of Applied Ecology* 33, S. 508-518.
- WALSKI, T. M., CHASE, D. V., SAVIC, D. A., GRAYMAN, W., BECKWITH, S., KOELLE, E. (2003): *Advanced Water Distribution Modeling and Management*. 1. Edition, Haestad Press, Waterbury, CT, 751 S.
- WALTER, C., MEROT, P., LAYER, B., DUTIN, G. (2003): The effect of hedgerows on soil organic carbon storage in hill slopes. *Soil Use and Management* 19, S. 201-207.
- WALZ, U., NEUBERT, M., SCHUHMACHER, U., WITSCHAS, S., LANGE, A. (2001): Endbericht zur F&E-Studie - Ableitung naturschutzfachlich relevanter Flächeninformationen aus historischen Kartenwerken. Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (IÖR), Dresden im Auftrag des Sächsischen Landesamts für Umwelt und Geologie (LfUG), Dresden. 58 S.
- WALZ, U., SCHUMACHER, U. (2003): Flächennutzung aus historischen Kartenwerken für die Freiraumentwicklung in Sachsen. In: WOLLKOPF, H.-F. DIEMANN, R. (Hrsg.), *Historische Landnutzung im thüringisch-sächsischen-anhaltischen Raum – Vorträge der Tagung vom 19.-21.03.2002 in Halle (S.)*, Sonderdruck, Frankfurt/M., P. Lang, S.63-75.
- WEBER, H. E. (1967): Über die Vegetation der Knicks in Schleswig-Holstein. In: WEBER, H., E. (2003): *Gebüsche, Hecken, Krautsäume*. – Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart, 229 S.
- WEBER, H. E. (2003): *Gebüsche, Hecken, Krautsäume*. – Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart, 229 S.
- WEHLING, S., DIEKMANN, M. (2009): Importance of hedgerows as habitat corridors for forest plants in agricultural landscapes. *Biological Conservation* 142 (11), S. 2522-2530.
- WILCZEK, A., JURA, J., WLOCH, W., KOJS, P., SZENDERA, W. (2005): The significance of the field shrubs and hedges in biodiversity conservation. The old field shrubs and hedges of silesian botanical garden. *Bulletin of Botanical Gardens* 14, S. 49-54.
- WILDERMUTH, H. (1986): *Natur als Aufgabe. Leitfaden für die Naturschutzpraxis in der Gemeinde*. Schweizer Bund für Naturschutz, Basel, Taschenbuchausgabe Otto Maier Verlag Ravensburg, 256 S.
- WILHELM, F. (1997): *Hydrogeographie. Grundlagen der allgemeinen Hydrogeographie*. Westermann, Braunschweig, 225 S.
- WILLMS, M., DEUMLICH, D., SPECKA, X., NENDEL, C. (2010): Wassererosion auf Silomaisflächen – eine vergleichende Studie verschiedener Anbauverfahren. Tagungsbeitrag zu: "Workshop der Kommissionen VI u. IV der DBG+DGP" Titel der Tagung: Anbau nachwachsender Rohstoffe: Wirkungen auf Bodeneigenschaften, Funktionen und Emissionen in Bezug auf Klima- und Gewässerschutz Veranstalter

- Kommission VI/IV der DBG und DGP, 7.-8.9.2010 in Müncheberg Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation) <http://www.dbges.de>.
- WILMS, F. E. P. (Hrsg.) (2006): Szenariotechnik - Vom Umgang mit der Zukunft. Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, 411 S.
- WILSON, G. A., HART, K. (2000): Financial imperative or conservation concern? EU farmers' motivations for participation in voluntary agri-environmental schemes. *Environment and Planning A* 32(12), S. 2161 – 2185.
- WITT, R., KREMER, B. (1988): Natur in Not. In: RINGLER, A., ROSSMANN, D., STEIDL, I. (1997): Lebensraumtyp Hecken und Feldgehölze. - Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.12 (Alpeninstitut Bremen GmbH, Projektleiter A. Ringler). - Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), München, 523 S.
- WITTENBERG, H. (2011): Praktische Hydrologie. Grundlagen und Übungen. Vieweg und Teubner, 114 S.
- WITTIG, R. (1976): Die Gebüsch- und Saumgesellschaften der Wallhecken in der Westfälischen Bucht. In: WEBER, H. E. (2003): Gebüsche, Hecken, Krautsäume. – Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart, 229 S.
- WOHLRAB, B., MEUSER, A., SOKOLLEK, V. (1999): Landschaftswasserhaushalt – ein zentrales Thema der Landschaftsökologie. In: SCHNEIDER-SLIWA, R., SCHAUB, D., GEROLD, G. (Hrsg.): Angewandte Landschaftsökologie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, S. 277-302.
- WÜST, W. (1979): In: RINGLER, A., ROSSMANN, D., STEIDL, I. (1997): Lebensraumtyp Hecken und Feldgehölze. - Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.12 (Alpeninstitut Bremen GmbH, Projektleiter A. Ringler). - Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), München, 523 S.
- ZANGEMEISTER, C. (1971): Nutzwertanalyse in der Systemtechnik: eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. Dissertation Technische Universität Berlin, 370 S.
- ZWÖLFER, H. (1982): Die Bewertung von Hecken aus tierökologischer Sicht. Laufener Seminarbeiträge 5/82. S. 130-134.
- ZWÖLFER, H., BAUER, G., HEUSINGER, G. (1981): Ökologische Funktionsanalyse von Feldhecken - Tierökologische Untersuchung über Struktur und Funktion biozönotischer Komplexe. Schlussbericht des Lehrstuhls Tierökologie (Universität Bayreuth) an das Bayerische Landesamt für Umweltschutz in München, 422 S.
- ZWÖLFER, H., BAUER, G., HEUSINGER, G., STECHMANN, D. (1984): Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken. Beiheft 3, Teil 2 zu den Berichten der ANL, 155 S.
- ZWÖLFER, H., STECHMANN, D-H. (1989): Struktur und Funktion von Hecken in tierökologischer Sicht. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie Göttingen, Band 17, S. 643-656.

## 11.1 Verwendete Datengrundlagen

Alle wurden Daten ausschliesslich mit der Genehmigung der zuständigen Behörden verwendet.

CIR - Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK) 2005 - Vektordaten der digitalisierten Biotop- und Landnutzungstypen vom Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen

Verbreitung der Rote Liste Arten Sachsens (Wirbeltiere) vom Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen 2011

Geologische Karte 1:25 000 (GK 25) LfUG Sachsen 1997

Geologische Übersichtskarte Sachsen 1:400 000 (GÜK 400) – LfUG Sachsen 1995

Bodenübersichtskarte Sachsen (BÜK 400) – LfUG Sachsen 1995

Potentiell natürliche Vegetation Sachsens 1:50 000 (PNV) – LfUG Sachsen 2002

Historische Kartenblätter von 1980-1989 und 1890-1945 – Landesvermessungsamt Sachsen

Topographische Karte 1:25 000 (TK 25) 5147 Frauenstein vom Landesvermessungsamt Sachsen 2000

Gewässernetz Sachsen – LfULG Sachsen 2008

DGM Sachsen (Auflösung 25m) - Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung (GeoSN) 2003

DGM Einzugsgebiet Reichstädter Bach (Auflösung 2m) – Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung (GeoSN) 2008

Klimadaten der Station Dippoldiswalde Tageswerte 1997-2008 – LfULG Sachsen 2009

Klimadaten der Station Wildacker Tages- und Stundenwerte 1997-2008 – TU Dresden, Professur für Meteorologie, Tharandt 2009

Pegeldaten vom Pegel Reichstädter Bach Tageswerte 1997-2008 – LfULG Sachsen 2009

Landwirtschaftliche Betriebe und deren landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) nach Landkreisen sowie Rechtsformen 2007 - Statistischen Landesamts des Freistaates Sachsen 2008

## 11.2 Verwendete Spezialsoftware

Software Kostra-DWD 2000 2.1, Starkniederschlagshöhen für Deutschland- Institut für Technisch-Wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hannover

vLATE 1.0 (Vector-based Landscape Analysis Tools Extension) entwickelt an der Universität Salzburg

WaSiM ETH 6.4 (Wasserhaushaltssimulationsmodell) entwickelt an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

ARCGIS 9.2, 9.3, 10

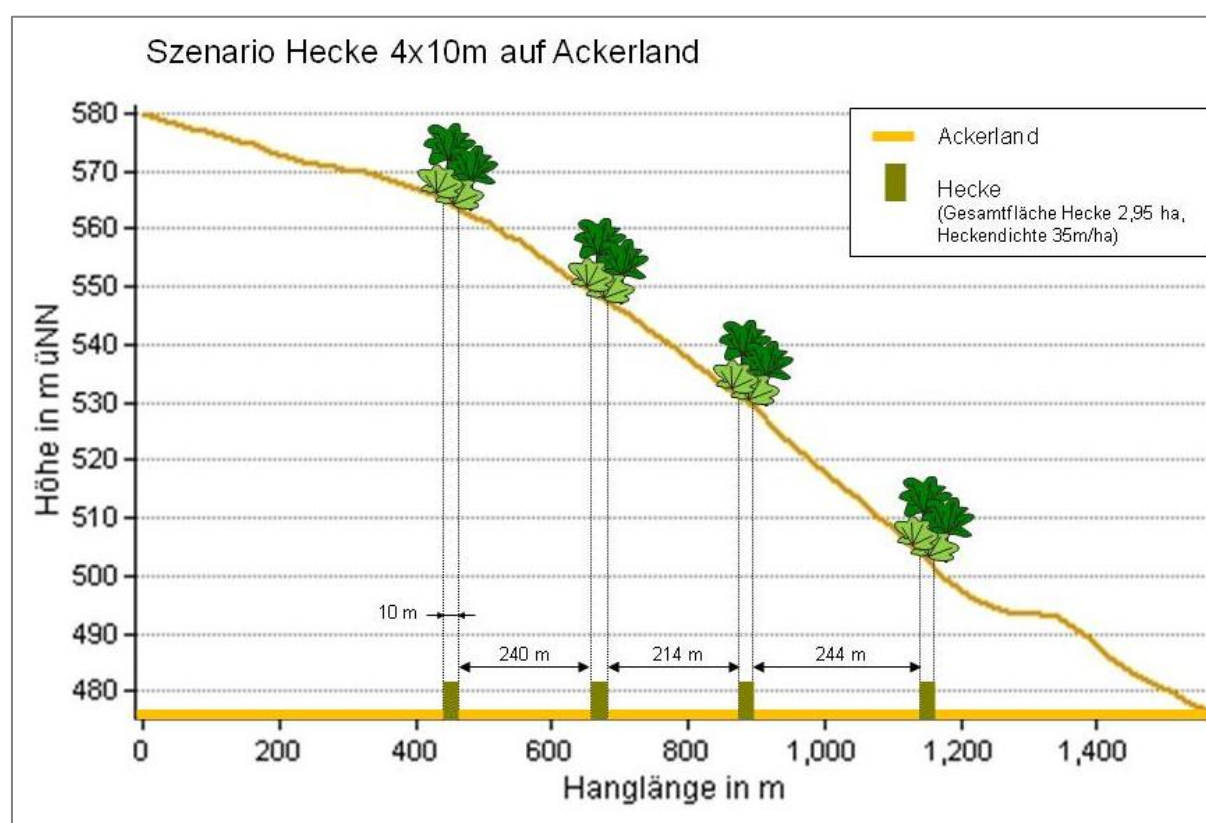
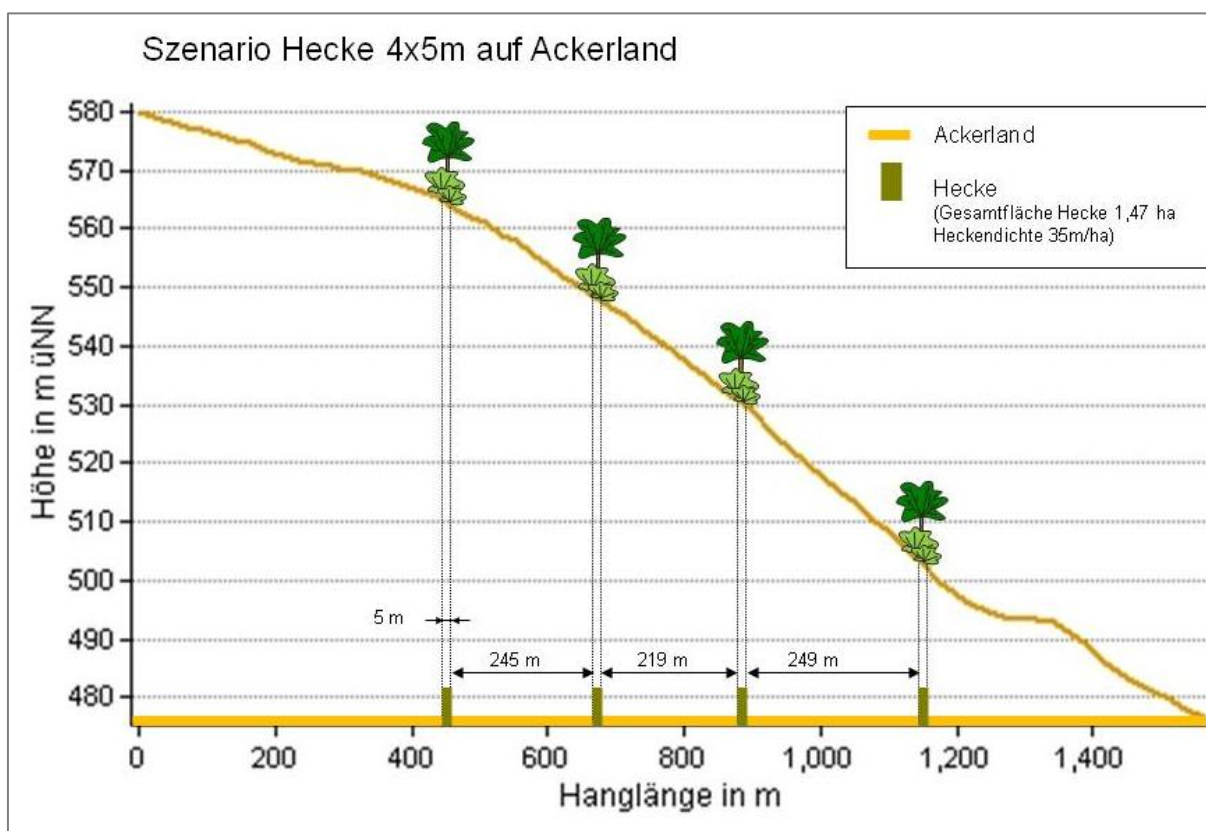
Erdas Imagine 9.2

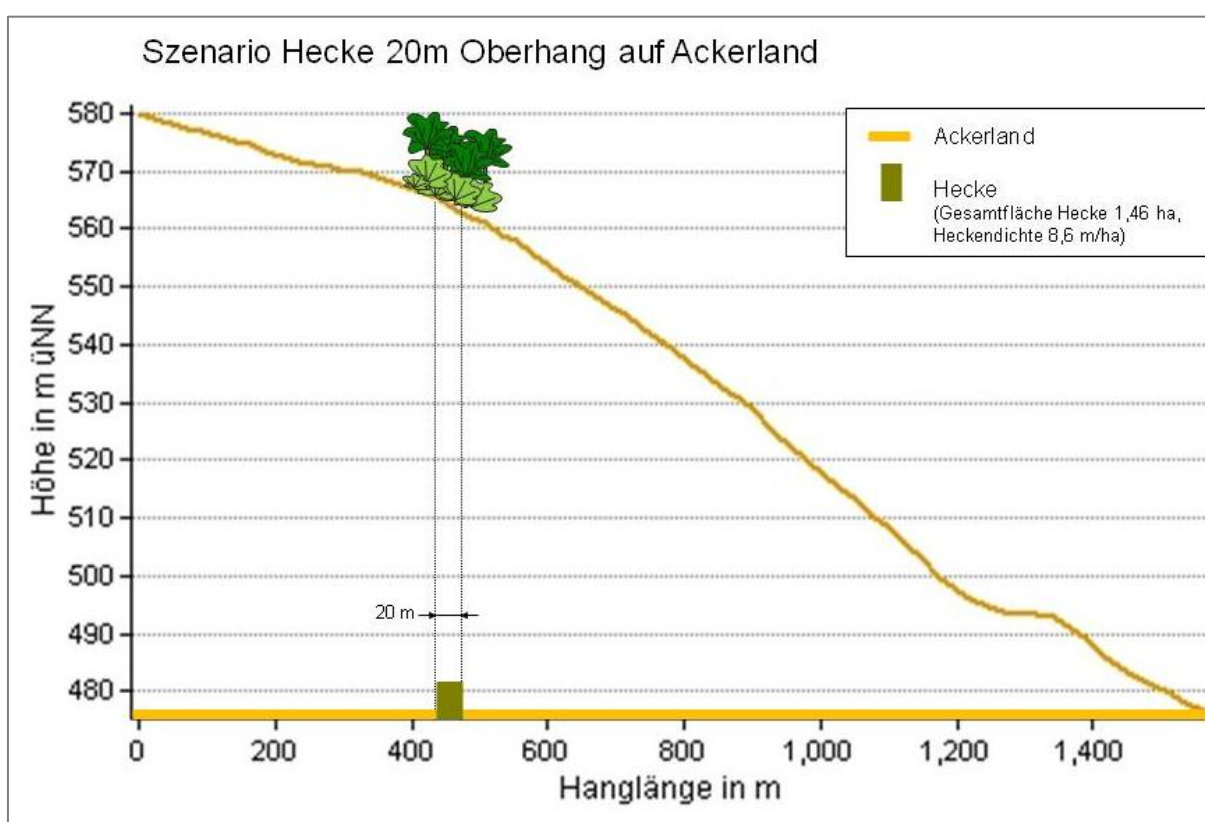
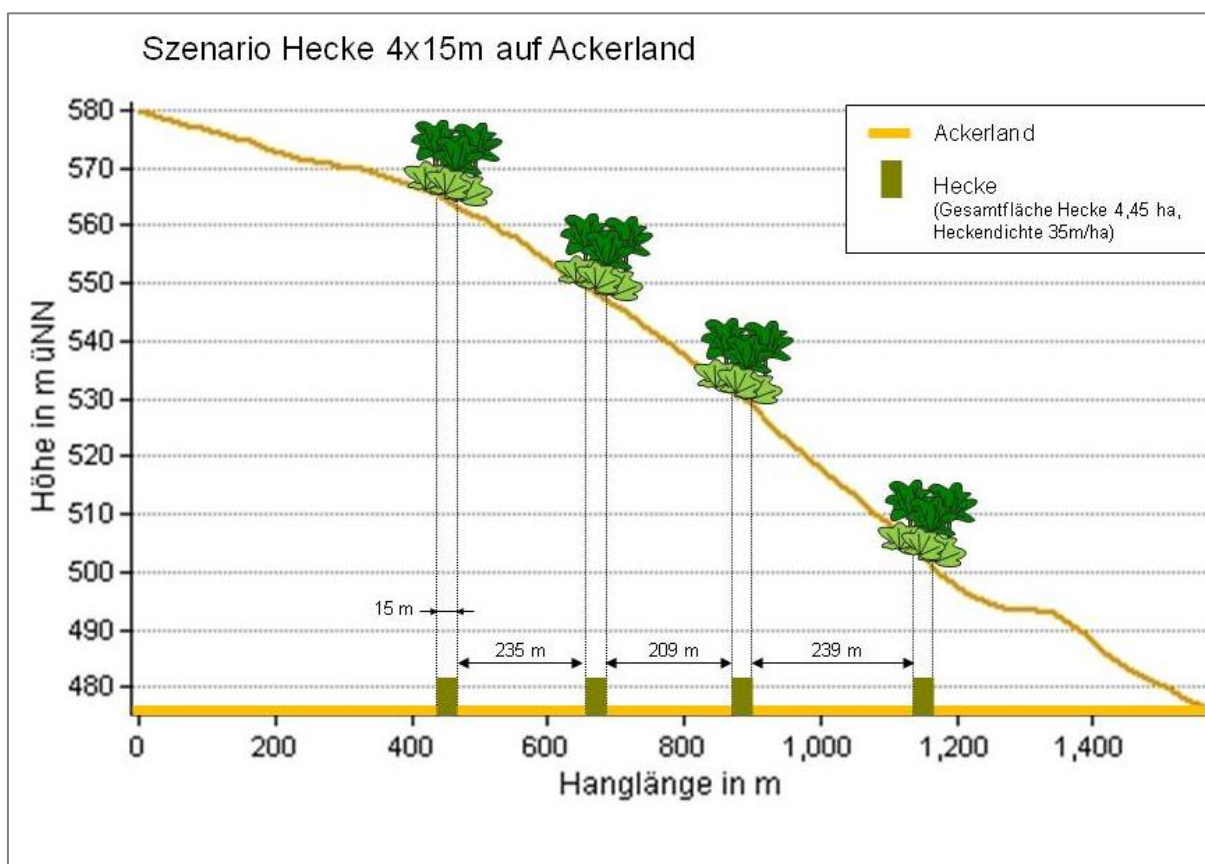
STATGRAPHICS plus 5.0

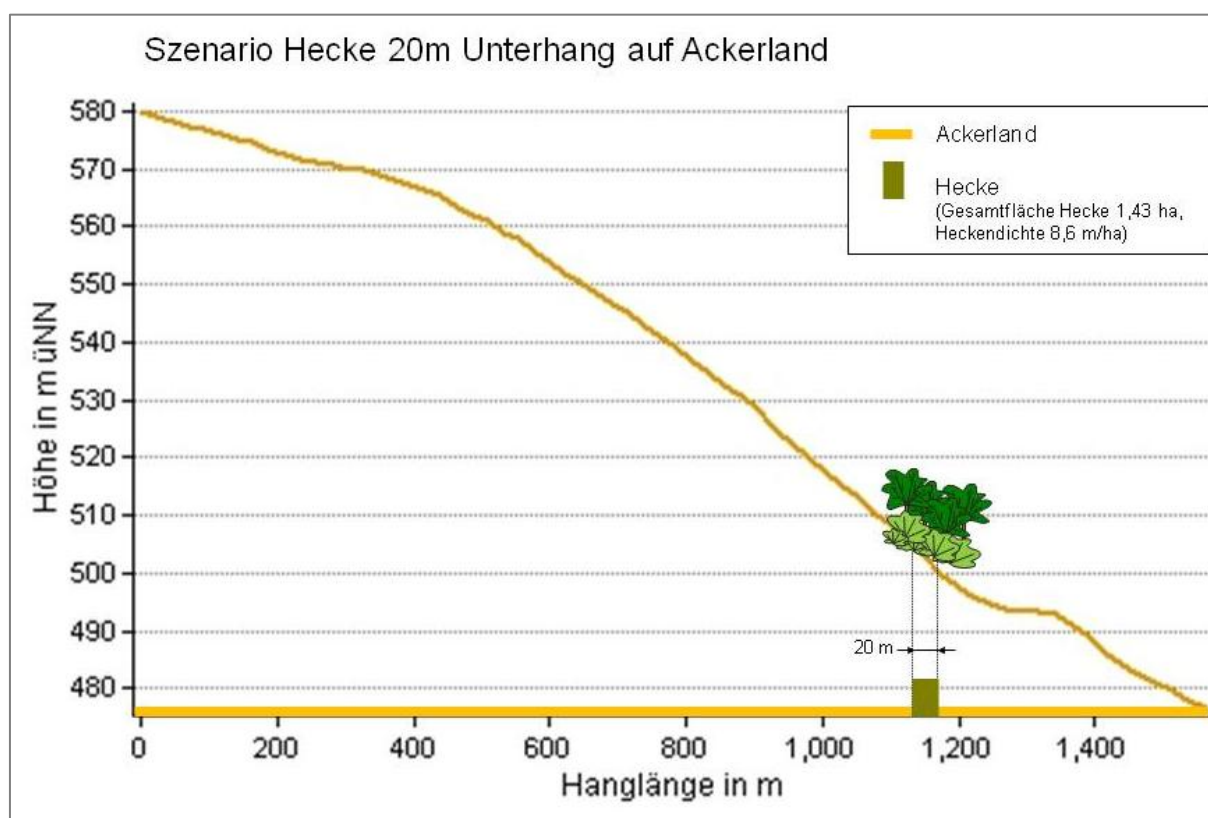
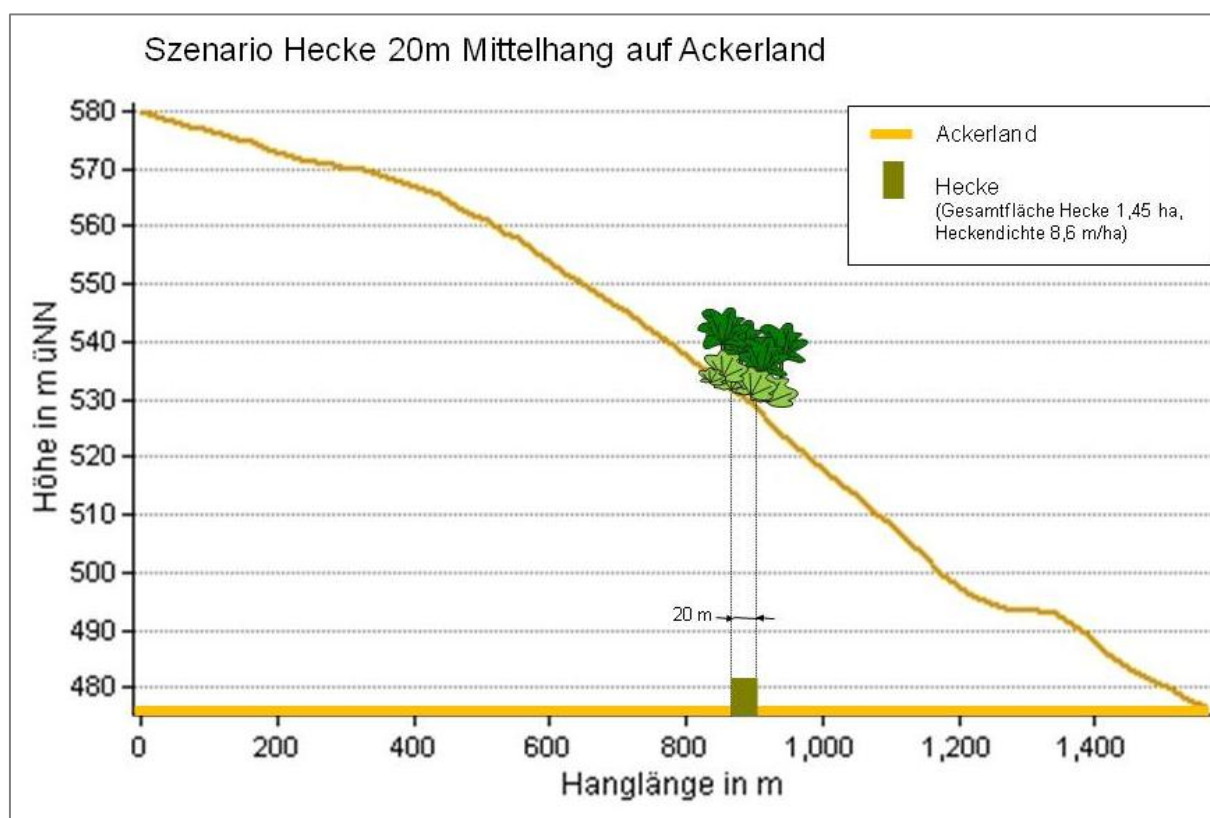


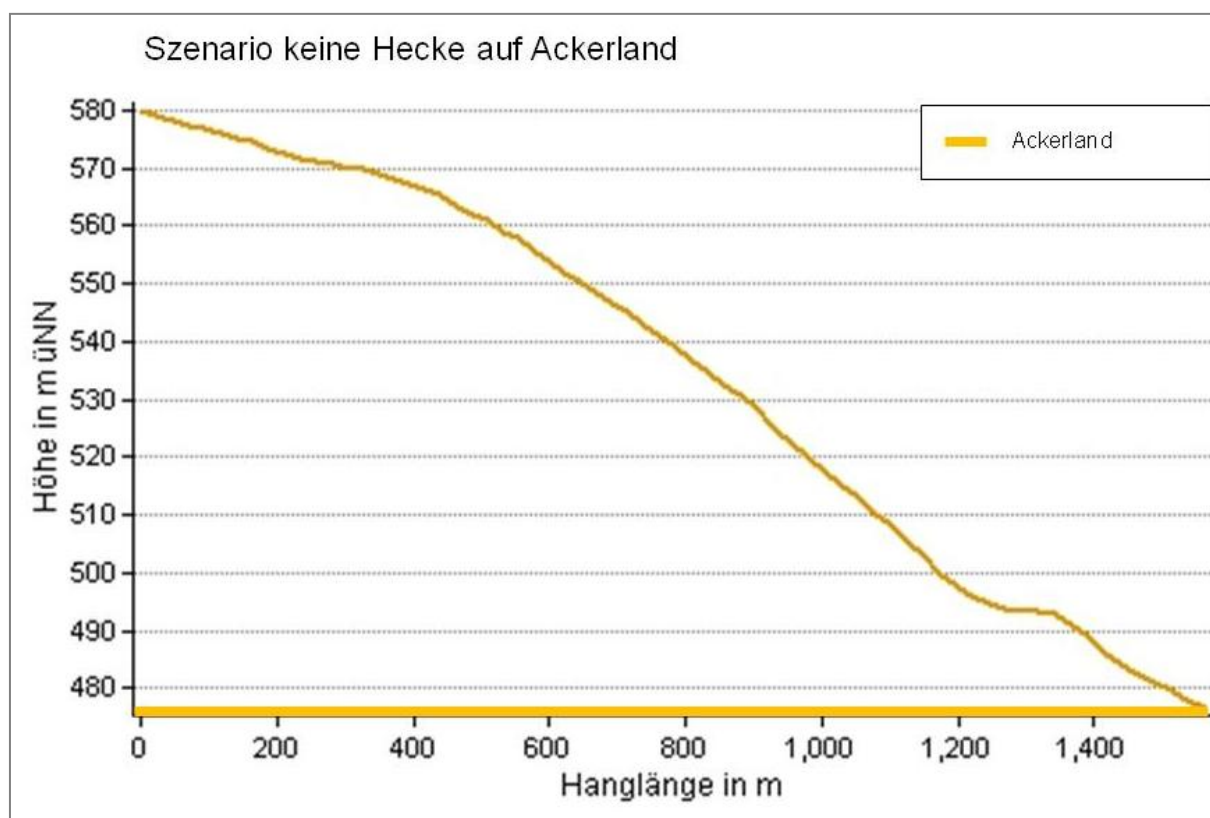
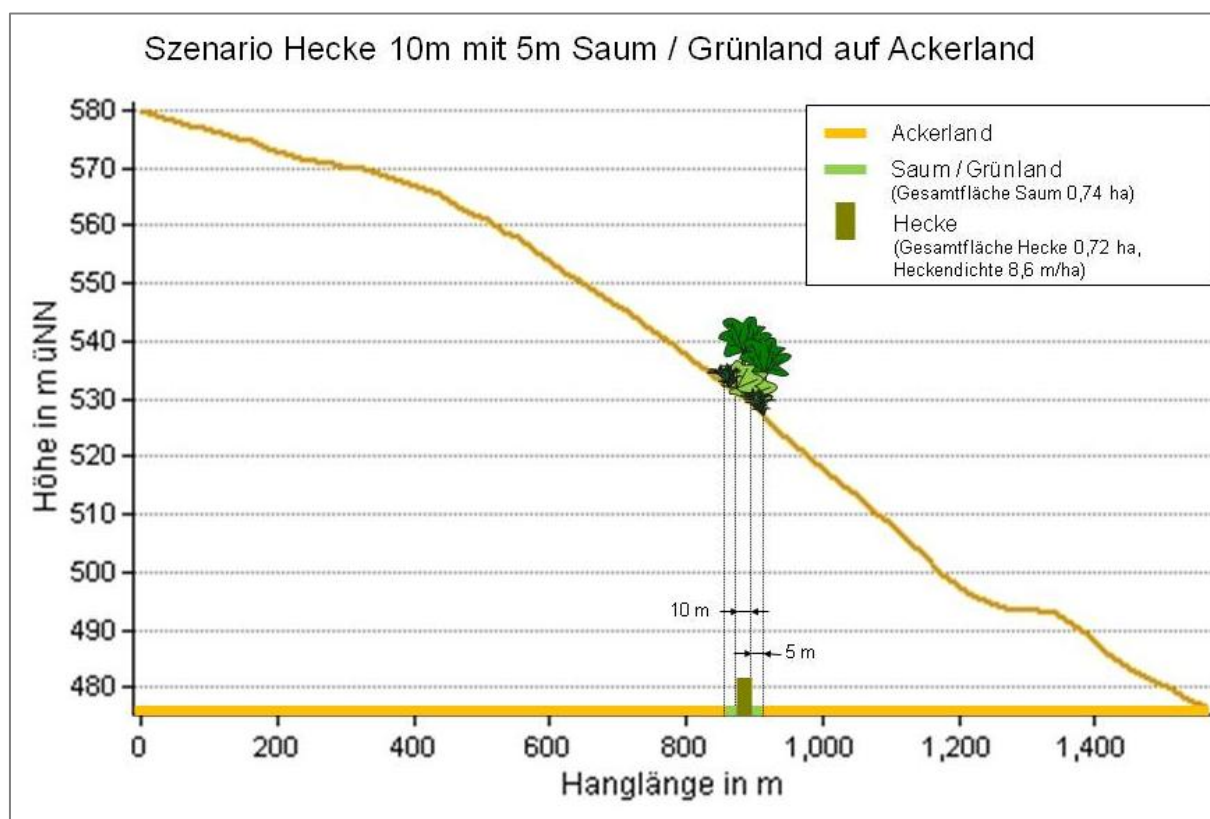
## 12 Anhang

### 12.1 Kennblätter der Heckenszenarien











## 12.2 Bilder Wurzelschurfe

### Wurzelschurf 1:

Standortgerechte Strauchhecke bei Börnchen

Aufnahmedatum. 13.06.2005



### Wurzelschurf 2:

Intensiv genutztes Ackerland (Sommergerstenfeld)  
bei Börnchen

Aufnahmedatum. 13.06.2005





**Wurzelschurf 3:**

Standortgerechte Strauchhecke bei Hermsdorf  
(Hang Richtersgrund)

Aufnahmedatum. 17.06.2005

**Wurzelschurf 4:**

sonstig extensiv genutzte Frischwiese (Kuhweide)  
bei Hermsdorf

Aufnahmedatum. 17.06.2005





**Wurzelschurf 5:**

Standortgerechte Strauchhecke bei Karsdorf

Aufnahmedatum. 18.06.2005



**Wurzelschurf 6:**

sonstig extensiv genutzte Frischwiese bei Karsdorf

Aufnahmedatum. 18.06.2005





**Wurzelschurf 7:**

Standortgerechte Strauchhecke bei Sadisdorf

Aufnahmedatum. 24.06.2005

**Wurzelschurf 8:**

Intensiv genutztes Ackerland (Wintergerstenfeld) bei Sadisdorf

Aufnahmedatum. 24.06.2005





### Wurzelschurf 9:

Standortgerechte Strauchbaumhecke bei Dorfhain

Aufnahmedatum : 06.07.2005



### Wurzelschurf 10:

Intensiv genutztes Ackerland (Maisfeld) bei Dorfhain

Aufnahmedatum : 06.07.2005





### Wurzelschurf 11:

Standortgerechte Strauchbaumhecke bei Obercunnersdorf (Winkelmühle)

Aufnahmedatum : 06.07.2005



### Wurzelschurf 12:

sonstig extensiv genutztes Grünland (Mähwiese)

Aufnahmedatum : 06.07.2005



## 12.3 Validierungsergebnisse

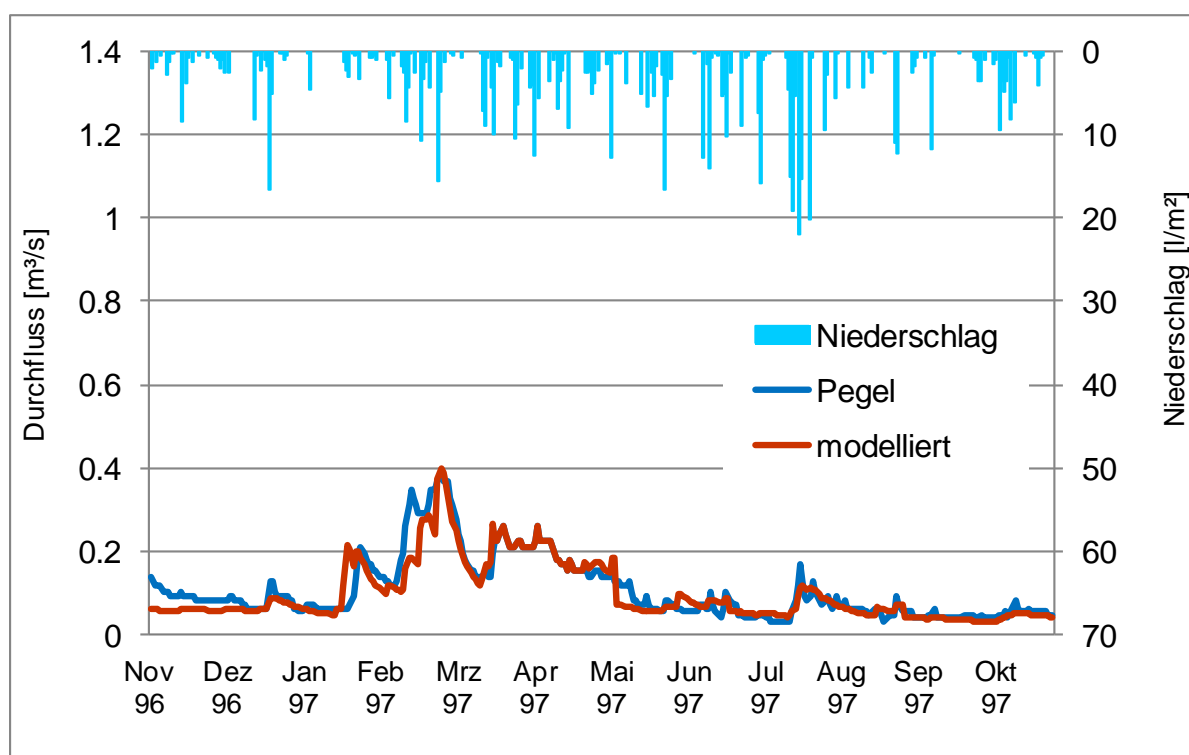


Abbildung 109: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 1997 (Pegel Reichstädter Bach)

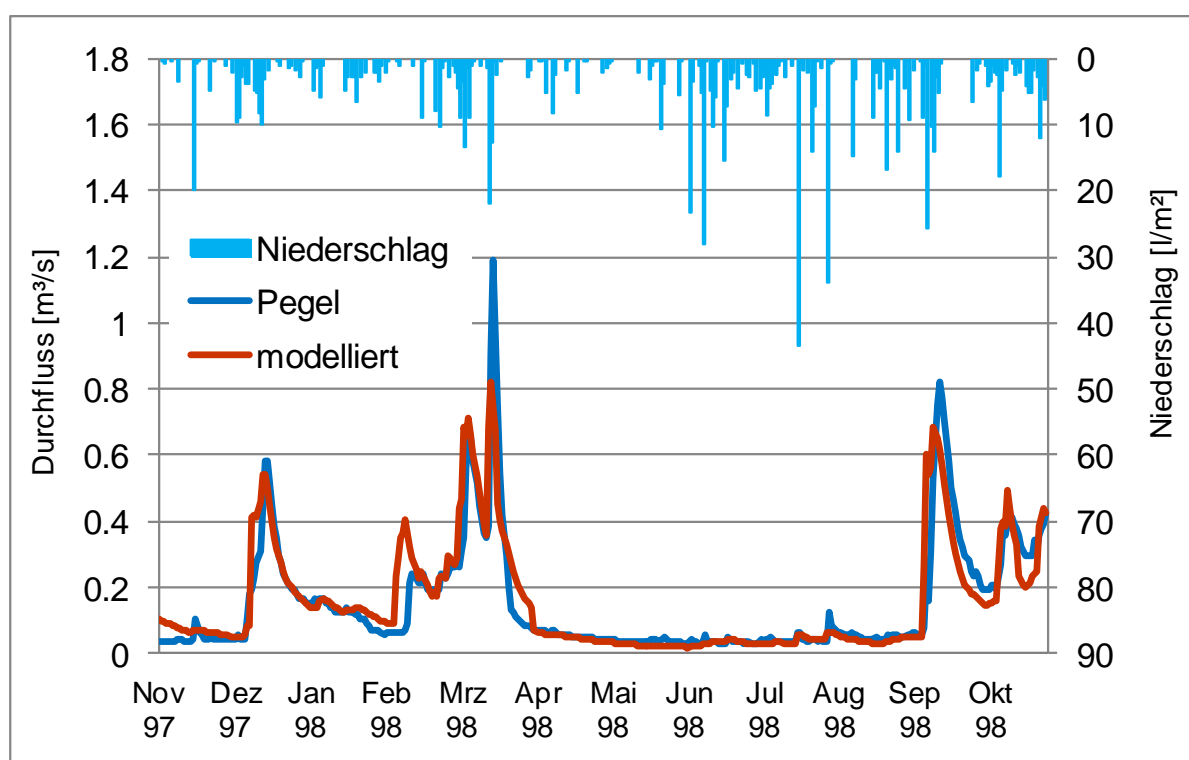


Abbildung 110: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 1998 (Pegel Reichstädter Bach)

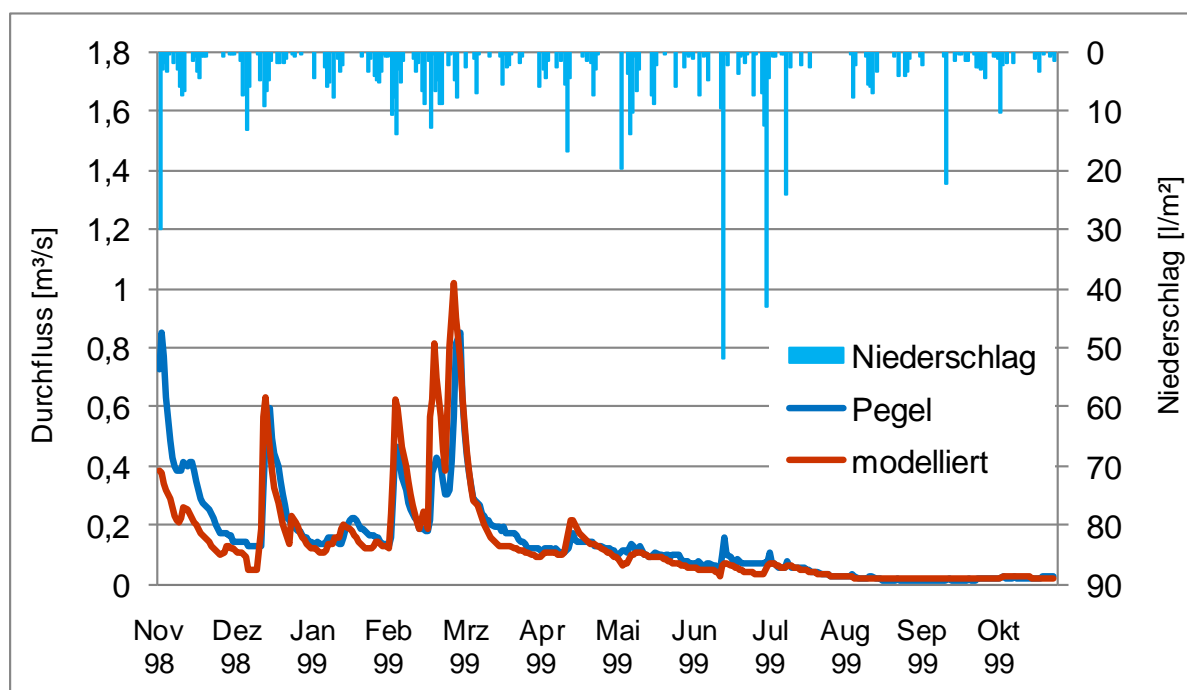


Abbildung 111: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 1999 (Pegel Reichstädter Bach)

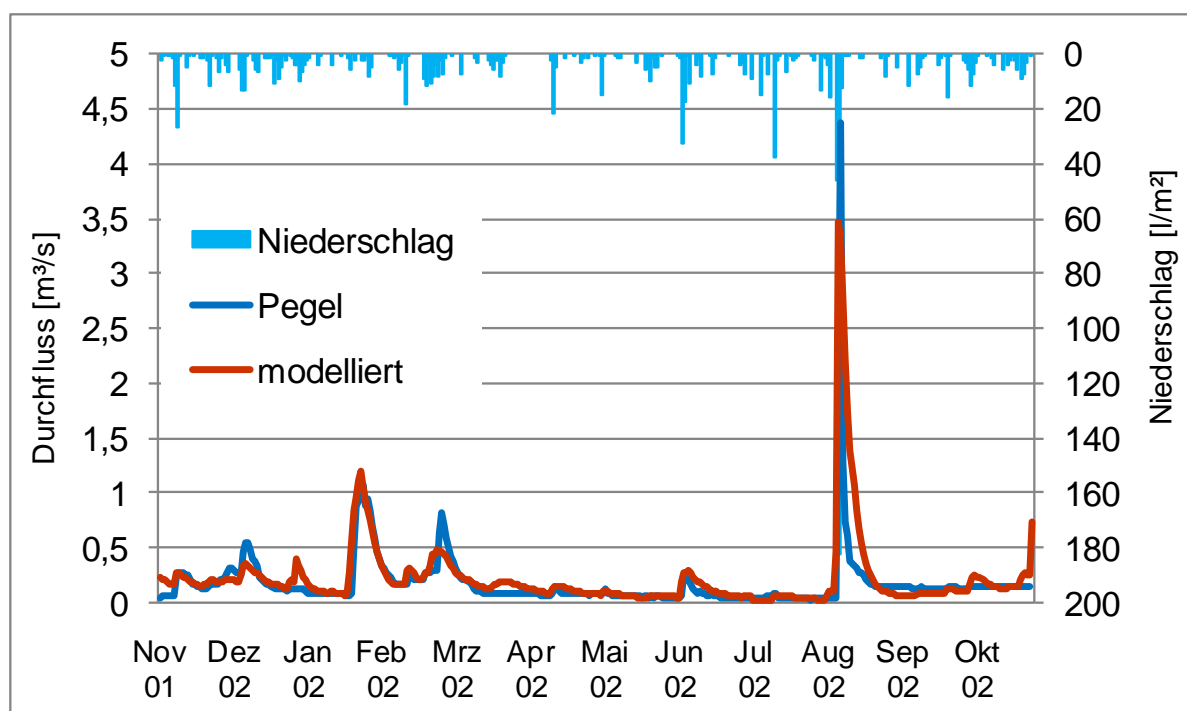


Abbildung 112: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2002 (Pegel Reichstädter Bach)

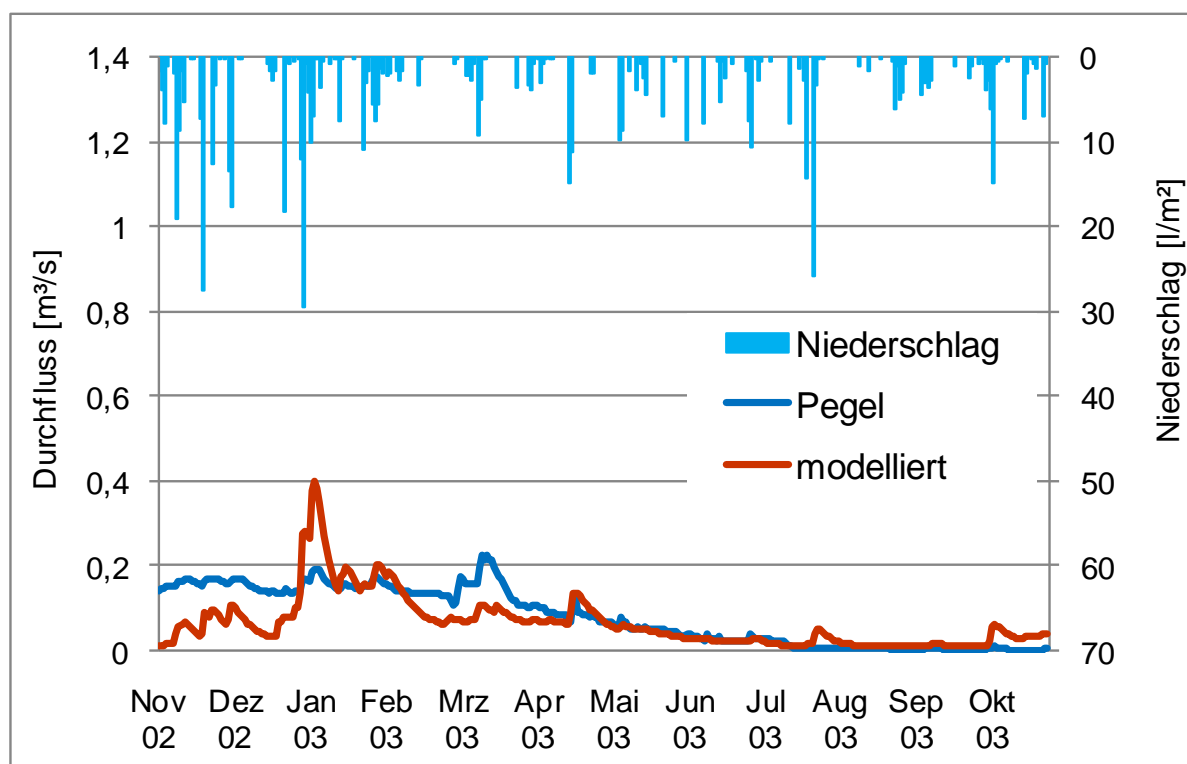


Abbildung 113: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2003 (Pegel Reichstädter Bach)

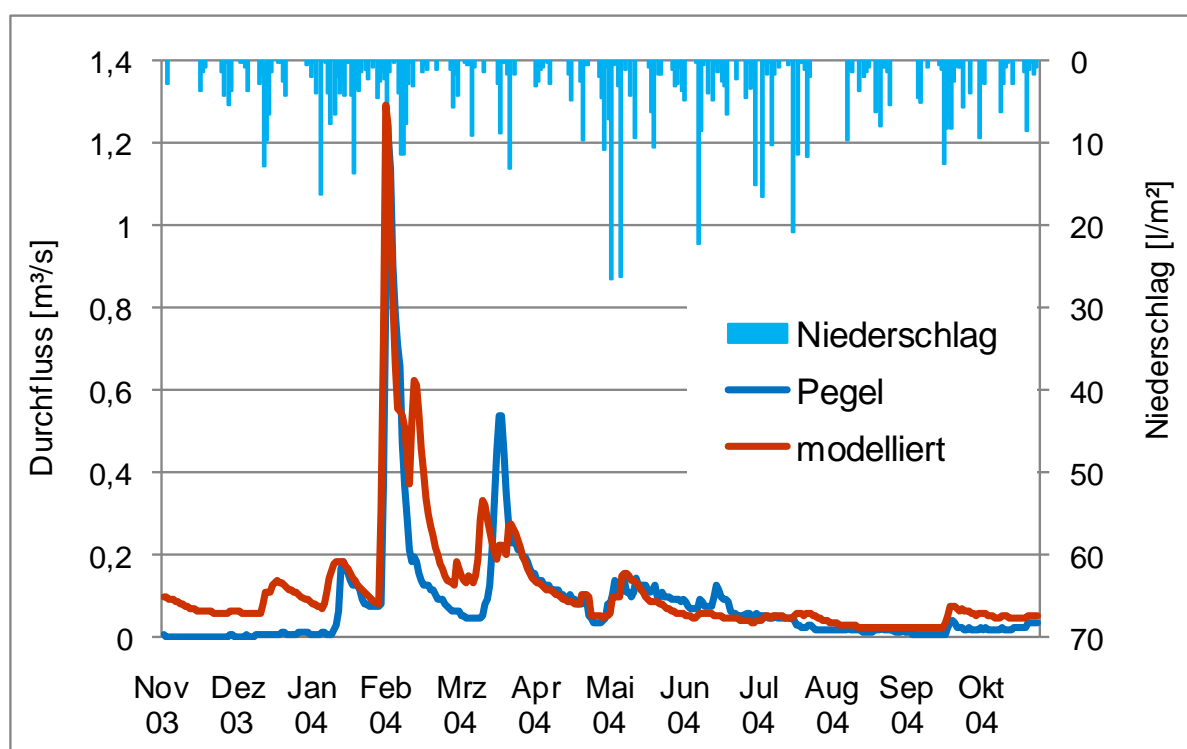


Abbildung 114: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2004 (Pegel Reichstädter Bach)

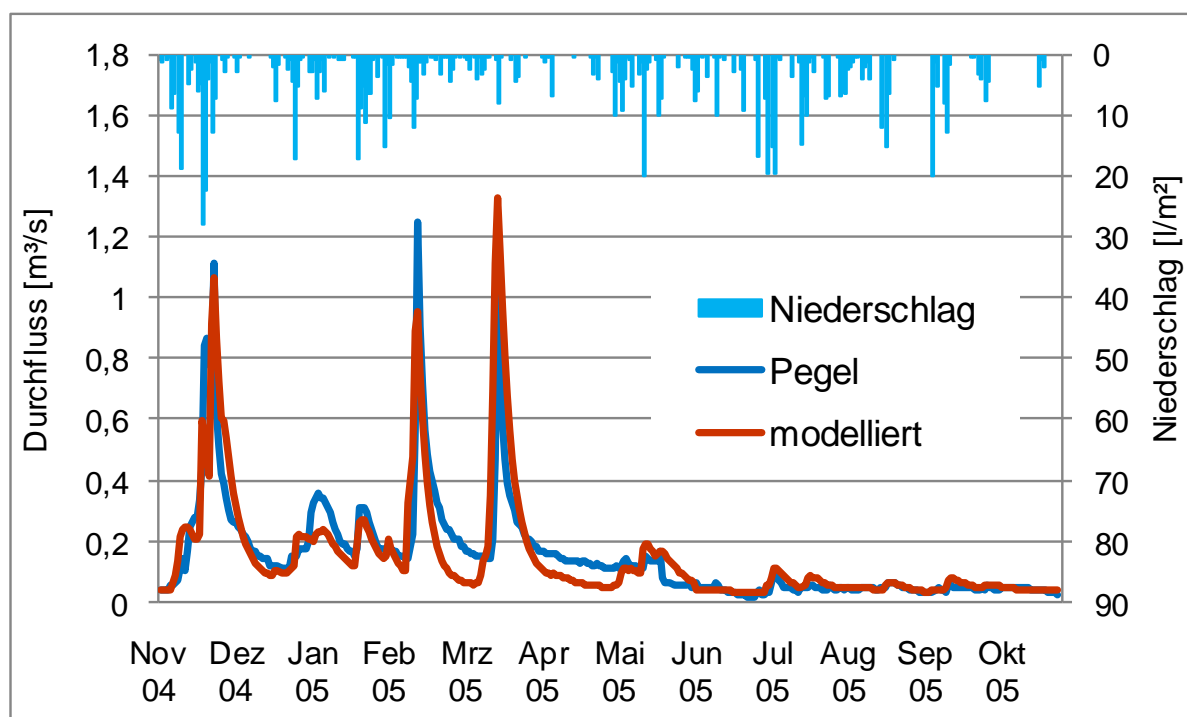


Abbildung 115: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2005 (Pegel Reichstädter Bach)

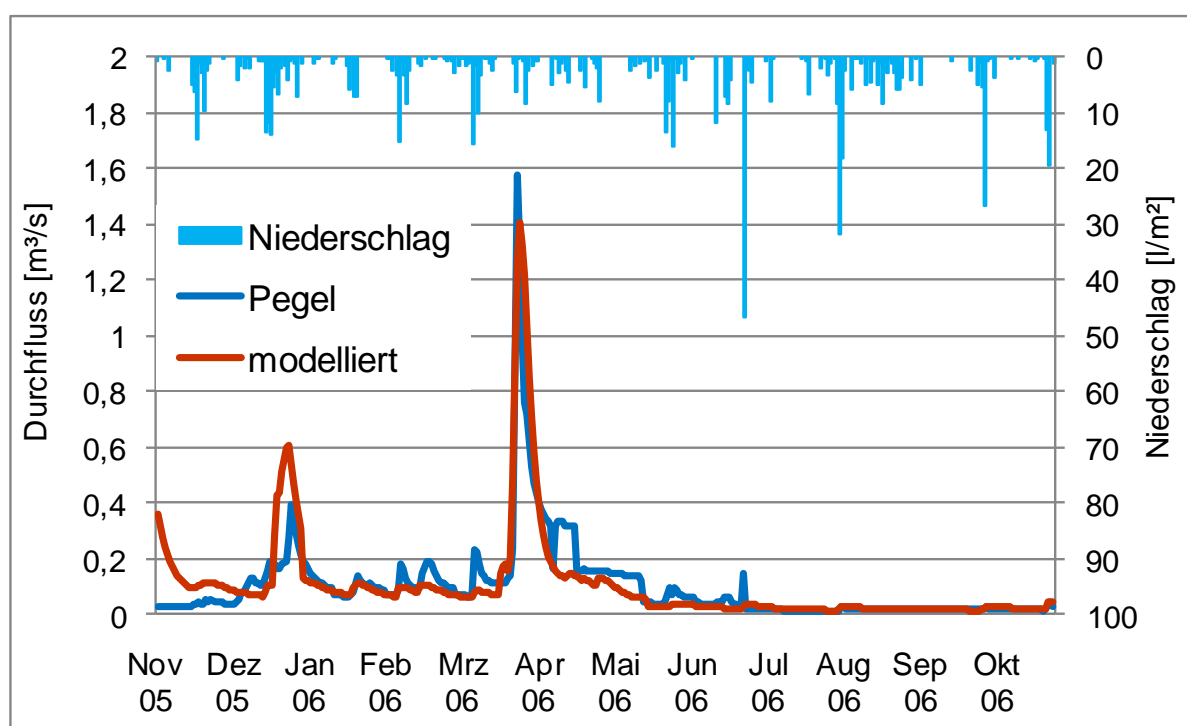


Abbildung 116: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2006 (Pegel Reichstädter Bach)

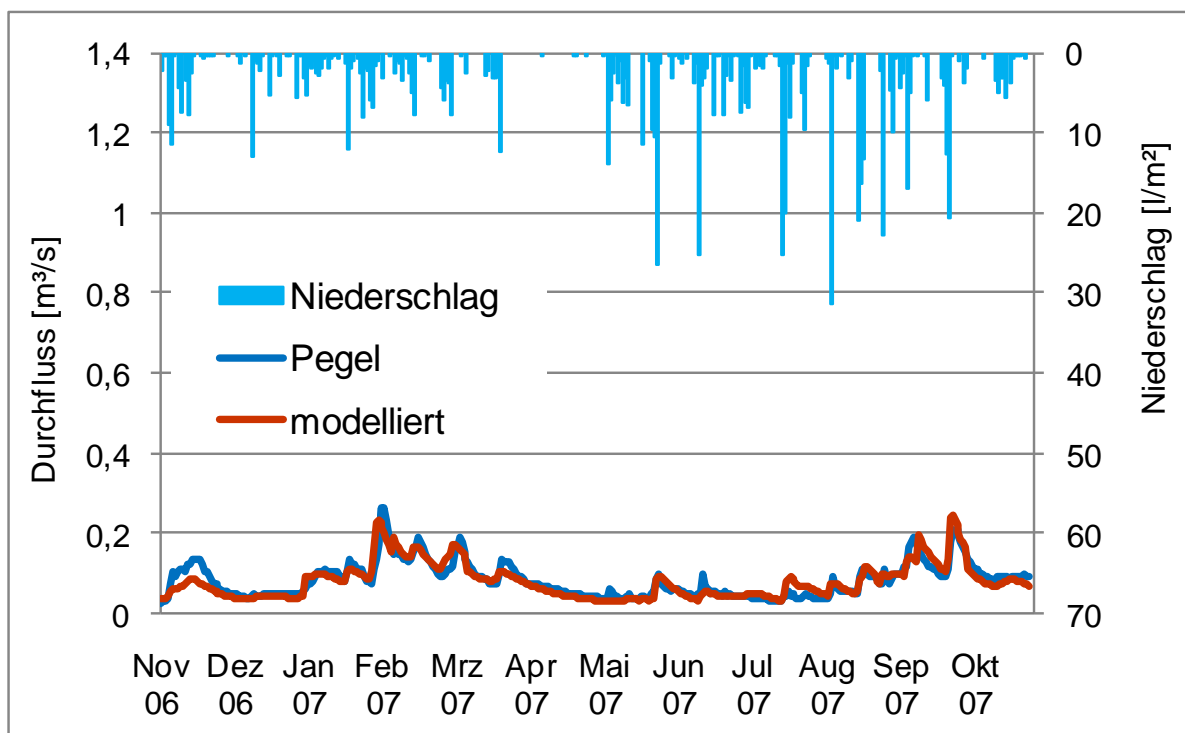


Abbildung 117: Vergleich der Modellierungsergebnisse mit den Pegelmessungen im Jahr 2007 (Pegel Reichstädter Bach)

## 12.4 Fragebogen

### Fragebogen

Forschungsprojekt: Dissertation

Thema: Feldhecken und deren Einfluss auf Hochwasser- und Naturschutz unter Berücksichtigung von agrarökonomischen Belangen im Naturraum Erzgebirge

Betreuer: Prof. Dr. Hermann Heilmeyer  
Technische Universität Bergakademie Freiberg  
Institut für Biowissenschaften  
AG Biologie / Ökologie  
Leipziger Straße 29  
09599 Freiberg

Bearbeiter: Dipl. Geogr. Sylvi Bianchin  
TU Bergakademie Freiberg  
AG Biologie / Ökologie  
Leipziger Straße 29  
09599 Freiberg

Datum der Befragung: \_\_\_\_\_



## Fragebogen

Ich sichere absolut vertrauliche Behandlung des Fragebogens zu.

Die Darstellung der Ergebnisse dieser Fragebogenaktion wird keine Rückschlüsse mehr auf die einzelnen Betriebe zulassen. Die Ergebnisse dienen rein wissenschaftlichen Zwecken (Erstellung einer Dissertation) und werden nicht anderweitig verwendet

### Allgemeine Angaben

1. In welcher Gemeinde / welchen Gemeinden oder Ortsteilen liegt der Großteil ihrer landwirtschaftlichen Flächen?

---

---

2. In welchen Höhenlagen liegt der Großteil ihrer landwirtschaftlichen Flächen?

---

---

3. Welche Rechtsform besitzt Ihr Betrieb?

#### Juristische Personen

- ☐ GmbH  
☐ e.G.  
☐ GbR  
☐ AG  
☐ KG (Kommanditgesellschaft)

#### Natürliche Personen

- ☐ Einzelunternehmen / Haupterwerb  
☐ Einzelunternehmen / Nebenerwerb

4. Wer im Unternehmen wurde befragt? Welche Position hat die Person im Unternehmen?

---

### Flächennutzung

5. Welche durchschnittliche Bodenzahl herrscht auf den Flächen ihres Betriebes vor?

durchschnittliche Bodenzahl: \_\_\_\_\_

6. Wieviel Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche werden derzeit von ihnen bewirtschaftet?

\_\_\_\_\_ ha LF

☐

konventionell

☐

konservierend

\_\_\_\_\_ %

\_\_\_\_\_ %

7. Welche landwirtschaftlichen Produkte bauten Sie 2007 hauptsächlich an?

Fruchtart	ungefähre Angabe in ha für 2007

## 8. Wie hoch ist Ihr derzeitiger Tierbestand 2007?

Tierart	ungefähre Angabe für 2007

<b>Hecken</b>
---------------

## 9. Kommen auf den von Ihnen bewirtschafteten Flächen Hecken vor?

☐ Nein (weiter bei Frage 12)

☐ Ja

ca. wie viele (Anzahl): \_\_\_\_\_

ungefähre Gesamtlänge in Meter: \_\_\_\_\_

ungefähre Breite in Metern \_\_\_\_\_

ungefähre Höhe in Metern \_\_\_\_\_

Art der Hecken	<input type="checkbox"/> Strauchhecke _____%	<input type="checkbox"/> Baumhecke _____%
	<input type="checkbox"/> Strauch-/Baumhecke _____%	<input type="checkbox"/> sonstige Heckenform _____%

ungefähres Alter \_\_\_\_\_

10 Stellen diese Hecken für Sie ein Problem dar?

☐ Ja

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

☐ Nein

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

11. Wurden auf den von Ihnen bewirtschafteten Flächen in den letzten 20 Jahren  
Hecken gepflanzt?

☐ Ja

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

☐ Nein

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

12. Können Sie sich vorstellen (weitere) Hecken zu pflanzen?

☐ Ja

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

☐ Nein

Gründe: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

13. Sehen Sie in der Pflanzung von Hecken, abgesehen vom direkten Flächenverbrauch, einen Ernteverlust?

☐ Ja

Gründe: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Bitte beziffern Sie die ungefähre Höhe des von Ihnen angenommenen Ernteverlustes für den von der Hecke beeinflussten Bereich in Prozent.

Höhe Ernteverlust \_\_\_\_\_ %

☐ Nein

Gründe: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

14. Welchen minimalen Abstand zwischen zwei Hecken können Sie sich aus landwirtschaftlicher Sicht als vertretbar vorstellen?

\_\_\_\_\_

Gründe: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

15. Welche Heckenbreite stellt für Sie das absolute Maximum der Vertretbarkeit dar?

\_\_\_\_\_

Gründe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

16. Würden Sie eher 4 schmale Hecken von 5m Breite oder eine breite Hecke von 20m Breite pflanzen?

☐ 4 schmale Hecken a 5m

Gründe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

☐ 1 breite Hecke a 20m

Gründe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

17. Würden Sie einen Heckensaum anlegen und wie breit könnte der aus Ihrer Sicht maximal sein?

☐ ja \_\_\_\_\_ m Breite

Gründe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

☐ nein

Gründe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

18. Würden Sie eher eine 15 m breite Hecke ohne Grünstreifen (Saum) oder eine 10 m breite Hecke mit jeweils 2,5m breitem Saum anlegen?

☐ 15 m breite Hecke



Gründe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

☐ 10 m breite Hecken mit jeweils 2,5m Saum



Gründe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

19. Auf welcher Art von Flächennutzung (Acker oder Grünland) würden Sie am ehesten eine Hecke pflanzen?

☐ Acker

☐ Grünland

☐ keines von beiden

Gründe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

20. Bewirtschaftet ihr Betrieb Flächen in Hanglagen?

☐

Ja

☐

Nein

Neigung: schwach (2-12°)

☐

\_\_\_\_\_ Anteil in %

mittel (12-25°)

☐

\_\_\_\_\_ Anteil in %

stark (>25°)

☐

\_\_\_\_\_ Anteil in %

21. Würden Sie Hecken eher an flachen oder stärker geneigten Standorten pflanzen?

☐ flach

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

☐ geneigt

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

22. Würden Sie eine Hecke eher am Oberhang, Unterhang oder in der Mitte des Hanges pflanzen?

☐ Oberhang

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

☐ Unterhang

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

☐ Mitte des Hanges

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



23. Würden Sie eine Hecke an einem geneigten Standort in Fallrichtung des Hanges oder quer zum Hang pflanzen?

☐ In Fallrichtung des Hanges

Gründe: \_\_\_\_\_

---

---

---

☐ quer zum Hang

Gründe: \_\_\_\_\_

---

---

---

24. Denken Sie, dass eine Hecke Ihnen an einem stark geneigten Hang Vorteile (weniger Erosion, Windschutz) bringen würde?

☐ Ja

Gründe: \_\_\_\_\_

---

---

---

☐ Nein

Gründe: \_\_\_\_\_

---

---

---

25. Würden Sie bei der Anlage von Hecken bestimmte Arten von Bäumen oder Sträuchern bevorzugt anpflanzen? (Wirtspflanze für Nützlinge, geringer Pflegeaufwand, Holzgewinnung)

Arten: \_\_\_\_\_

Gründe: \_\_\_\_\_

---

---

---

26. Würden Sie bei der Anlage von Hecken bestimmte Arten von Bäumen oder Sträucher nicht anpflanzen? (Wirtspflanze für Schädlinge, hoher Pflegeaufwand hohe Konkurrenz durch Wurzeln oder Ausläufer)

Arten: \_\_\_\_\_

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

27. Was sind Ihrer Meinung nach die größten Probleme mit Hecken und bei der Anlage von Hecken allgemein?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

28. Können Sie sich vorstellen, mit Hilfe von Fördermitteln für die Anlage, Bewirtschaftung und als Ausgleich für eventuell entstehende Ernteverluste, Hecken zu pflanzen ?

☐ Ja

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Bitte beziffern Sie die ungefähre Höhe der dafür mindestens notwendigen Fördermittel pro Jahr / pro Hecke?

Höhe notwendiger Fördermittel \_\_\_\_\_

☐ Nein

Gründe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

29. Sind Sie im Allgemeinen mit der Förderpolitik der EU, dem Bund und dem Land zufrieden?

- ☐ uneingeschränkt zufrieden
- ☐ eingeschränkt zufrieden
- ☐ wenig zufrieden
- ☐ überhaupt nicht zufrieden

Gründe:

---

---

---

---

Herzlichen Dank für Ihre Kooperation bei der Beantwortung dieses Fragebogens, die Ergebnisse der Untersuchungen lasse ich Ihnen gern zukommen.

## 12.5 Getestete Beziehungen

Getestete Beziehung	Chi2-Test	
Anlage weiterer Hecken - Fördermittel		Chi2 = 4,75*
Anlage weiterer Hecken – Ort der zukünftigen Hecke		Chi2 = 12.26**

Getestete Beziehung	Kruskal-Wallis-Test	
Nutzfläche – Anzahl bestehender Hecken	positiv	Teststatistik = 13,7206*
Nutzfläche – Länge bestehender Hecken	positiv	Teststatistik = 10,4921(*)
maximal vorstellbare Heckenbreite – Länge bestehender Hecken	positiv	Teststatistik = 11,1477*
vorstellbarer Minimalabstand – Anzahl bestehender Hecken	keine	Teststatistik = 2.357
vorstellbarer Minimalabstand – Länge bestehender Hecken	keine	Teststatistik = 2.625
Ort der zukünftigen Hecke – Anteil Ackerland	keine	Teststatistik = 1.425

Getestete Beziehung	Mann-Whitney-Test	
Bodenwertzahl - Alter alt (historische Hecken)	keine > vorhanden	W=67.5**
maximal vorstellbare Heckenbreite – Anlage neuer Hecken	keine > vorhanden	W=110,0*
maximal vorstellbare Heckenbreite – Anlage weiterer Hecken	keine > vorhanden	W=177,0*
Anlage weiterer Hecken - Bodenbearbeitung	keine > vorhanden	W=320.5**
Probleme – maximal erwarteter Ernteverlust	keine > vorhanden	W=229,0**
Vorteile – maximal erwarteter Ernteverlust	keine > vorhanden	W=106,0*
Saum Beispiel – maximal erwarteter Ernteverlust	keine > vorhanden	W=95,0*

Getestete Beziehung	Spearman Rank Correlation	
Rinderbestand – Höhe (Mittelwert)	keine	r= -0.1813
Rinderbestand – Anteil Ackerland	keine	r= 0.1935
Rinderbestand - Nutzfläche	positiv	r= 0.4573**
Anteil Ackerland – Höhe (Mittelwert)	negativ	r= -0.6968***
Höhe (Mittelwert) - Bodenwertzahl	negativ	r=-0.8656***
Anteil Ackerland – Bodenwertzahl	positiv	r= 0.7492**
Bewirtschaftungsspanne – Höhenlage (Mittelwert)	keine	r= 0.0037
Bodenbearbeitung - Nutzfläche	keine	r= 0.2250
Bodenbearbeitung – Anteil Ackerland	keine	r= 0.0583
Bodenbearbeitung – Höhenlage (Mittelwert)	keine	r= 0.0072

Breite bestehende Struktur – Höhe bestehende Struktur	keine	r= 0.1782
Breite bestehende Struktur - Nutzfläche	positiv	r= 0.3668*
Höhe bestehende Struktur - Nutzfläche	keine	r= 0.1202
Breite bestehende Struktur – Höhenlage (Mittelwert)	keine	r= 0.0438
Höhe bestehende Struktur - Höhenlage (Mittelwert)	positiv	r= 0.3818*
Höhe bestehende Struktur – Heckentyp Baumhecke	positiv	r= 0.4841**
Höhenlage (Mittelwert) – Heckentyp Strauchhecke	keine	r= -0.0792
Höhenlage (Mittelwert) – Heckentyp Baumhecke	keine	r= 0.1419
Höhenlage (Mittelwert) – Heckentyp Strauch-Baumhecke	keine	r= 0.0662
maximal erwarteter Ernteverlust – Höhenlage (Mittelwert)	keine	r= -0.0273
maximal erwarteter Ernteverlust – Bodenzahl	keine	r= 0.0275
maximal erwarteter Ernteverlust – Breite bestehende Struktur	keine	r= 0.0810
maximal erwarteter Ernteverlust – Höhe bestehende Struktur	keine	r=-0.0164
vorstellbarer Minimalabstand – Höhenlage (Mittelwert)	keine	r= -0.1825
vorstellbarer Minimalabstand - Nutzfläche	keine	r= 0.1550
vorstellbarer Minimalabstand - Bodenzahl	keine	r= 0.2439
vorstellbarer Minimalabstand – Anteil Ackerland	positiv	r= 0.3010(*)
maximal vorstellbare Heckenbreite - Nutzfläche	positiv	r= 0.4692*
maximal vorstellbare Heckenbreite – Anteil konservierende Bodenbearbeitung	positiv	r= 0.6392**
maximal vorstellbare Heckenbreite – Breite bestehende Struktur	positiv	r= 0.3950*

## **Versicherung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts habe ich keine Unterstützungsleistungen erhalten.

Weitere Personen waren an der Abfassung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Die Hilfe eines Promotionsberaters habe ich nicht in Anspruch genommen. Weitere Personen haben von mir keine geldwerten Leistungen für Arbeiten erhalten, die nicht als solche kenntlich gemacht worden sind.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.